

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

Marjorie Mariel Arévalo Delgado

**PROPOSTA DE METODOLOGIA DO USO DA
ENGENHARIA DE FATOR HUMANO PARA SUPORTE
DA GESTÃO DE TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR**

Florianópolis

2016

Marjorie Mariel Arévalo Delgado

**PROPOSTA DE METODOLOGIA DO USO DA
ENGENHARIA DE FATOR HUMANO PARA SUPORTE
DA GESTÃO DE TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR**

Dissertação submetida ao Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
para a obtenção do Grau de Mestre.
Orientador: Prof. Jose Marino Neto,
Dr.

Florianópolis

2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Delgado, Marjorie Mariel Arévalo

Proposta de Metodologia do Uso da Engenharia de Fator Humano para Suporte da Gestão de Tecnologia Médico Hospitalar / Marjorie Mariel Arévalo Delgado ; orientador, Jose Marino Neto - Florianópolis, SC, 2016.
150 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Inclui referências

1. Engenharia Elétrica. 2. Engenharia clínica. 3. Engenharia de fator humano. 4. Erros de uso. 5. Parâmetros ambientais. I. Marino Neto, Jose. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

Marjorie Mariel Arévalo Delgado

**PROPOSTA DE METODOLOGIA DO USO DA
ENGENHARIA DE FATOR HUMANO PARA SUPORTE
DA GESTÃO DE TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR**

Esta Dissertação foi julgada aprovada para a obtenção do Título de “Mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Florianópolis, 18 de Março 2016.

Prof. Carlos Galup Montoro, Dr.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. Jose Marino Neto, Dr.
Orientador

Profa. Daniela Ota Hisayasu Suzuki, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Jefferson Luis Brum Marques, Ph.D.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Renato Garcia Ojeda, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Pedro Bertemes Filho, Dr.
Universidade do Estado de Santa Catarina - Joinville

Prof. Francisco de Assis Souza dos Santos, Dr.
Instituto Federal de Santa Catarina

Para William, meu norte e companheiro
de alegrias e tristezas

AGRADECIMENTOS

A meus pais Fredy e Miriam, e meu irmão Fredy, pelo seu amor e apoio apesar da distância.

A meus caros amigos: Diego, Jorge, Laura, Luciana e Mayara pela amizade e companhia.

Ao meus queridos colegas de laboratório.

Ao Prof. Renato, pelos ensinamentos e desafios que contribuíram com meu crescimento.

A todos os professores e colegas do IEB-UFSC pelo convívio e aprendizagem.

As equipes de engenharia clínica do IEB-UFSC, sem sua ajuda esta pesquisa não seria possível.

À CAPES, pelo financiamento nestes anos de estudo.

Gracias!

“It’s not the strongest of the species that survives, nor the most intelligent, but the one most responsive to change.”
(Charles Darwin)

RESUMO

Este trabalho de pesquisa está baseado no modelo de Gestão da Tecnologia Médico-Hospitalar (GTMH) da Engenharia Clínica e, por meio da aplicação de métodos da engenharia de fator humano (EFH), tem por objetivo desenvolver uma metodologia que permita propor ações para a melhoria da segurança do processo tecnológico em saúde. A segurança é resultante do equilíbrio de três pilares: infraestrutura, tecnologia e recursos humanos. Interações complexas levam à ocorrência de erros que são, muitas vezes, erroneamente atribuídos apenas ao usuário. A EFH estuda a influência da tecnologia e do ambiente de trabalho nos usuários e cria cenários seguros. Para atingir o objetivo traçado, propõe-se uma metodologia composta de 4 etapas: a modelagem do cenário de estudo; a análise do cenário, que, por meio da aplicação de métodos da EFH, permite a identificação de erros desde a perspectiva dos três pilares; a análise dos dados; e, finalmente, a proposta de ações da engenharia clínica para melhoria da segurança. A metodologia foi aplicada a um estudo de caso composto por três hospitais, nestes foram avaliados os serviços de Unidade de Terapia Intensiva com foco em 02 modelos de bomba de infusão e 05 modelos de ventilador pulmonar. Com o método da análise heurística, analisou-se estes equipamentos, resultando na descoberta de 39 problemas de usabilidade. Em seguida, com a aplicação do método *shadowing*, observou-se a rotina de trabalho do serviço e viu-se que na prática apresentam-se apenas 03 problemas referentes às bombas de infusão. Estes problemas confundem o usuário quanto ao uso, e o *design* colabora ao surgimento de falhas. Adicionalmente, observou-se que o usuário faz um uso perigoso das tecnologias, o que gera riscos ao paciente. Foram gerados também dados quanto à adequação do ambiente de serviço aos parâmetros ambientais de temperatura, umidade, luminosidade e ruído. A análise destes dados, assim como dos questionários aplicados, apontam uma presença do ruído que gera desconforto; porém, o estudo não é conclusivo quanto a influência disso no desempenho do usuário. Desse modo, conclui-se que, para os cenários estudados, os pilares da tecnologia e dos recursos humanos são os principais elementos que levam à ocorrência de erros. Pretende-se que esta metodologia seja uma ferramenta da engenharia clínica, visando incrementar segurança ao processo tecnológico.

Palavras-chave: Engenharia clínica. Engenharia de fator humano. Métodos de usabilidade. Erros de uso. Parâmetros ambientais

ABSTRACT

This research is based on the model of the Medical Technology Management (MTM) of Clinical Engineering and, through the application of methods of human factors engineering (HFE), aims to develop a methodology to propose actions for the safety improvement of the technological process in health. Security is the result of a balance of three pillars: infrastructure, technology and human resources. Complex interactions lead to the occurrence of errors that are often erroneously attributed only to the user. The HFE studies the influence of technology and the working environment in the users and creates safety scenarios. To achieve the objective traced, it is proposed a methodology composed of 4 systematic steps: the modeling of the scenario of the study; the scenario analysis, which, through the application FHE methods, allows the identification of errors from the perspective of the three pillars; data analysis; and, finally, the proposed actions of Clinical Engineering for the improvement of the safety. The methodology was applied to a case study composed by three hospitals, in these were evaluated the services of Intensive Care Unit with a focus on 02 models of the infusion pump and 05 models of pulmonar ventilator. With the method of analysis heuristic, these devices were analyzed, resulting in the discovery of 39 usability issues. Then, with the application of the shadowing method, was observed the real working routine of the service and it was seen that, in practice, there are only 03 problems relating to the infusion pumps. These problems confuses the user regarding to the use of the technology, and the design collaborates to the emergence of errors. In addition, it was observed that the user makes a dangerous use of technologies generating risks to the patient. Data also were generated in relation to the suitability of the environment of service to the environmental parameters of temperature, humidity, light and noise. The analysis of these data, as well as of the questionnaires applied, indicate a presence of noise that causes discomfort; however, the study is not conclusive regarding the influence of this noise on the performance of the user. In this way, it is concluded that the pillars of technology and human resources are the main elements which lead to the occurrence of errors. It is intended that this methodology become a tool of Clinical Engineering aiming to provide more security to technological process.

Keywords: Clinical Engineering. Human factors engineering. Usability methods. Use errors. Environment parameters.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1 | Modelo de qualidade do processo tecnológico sustentado por três pilares: infraestrutura adequada, recursos humanos capacitados e tecnologia dimensionada adequadamente. | 32 |
| Figura 2 | Elementos a considerar na ação da Engenharia de Fator Humano | 35 |
| Figura 3 | Metodologia proposta para suporte da gestão de tecnologia médico-hospitalar | 50 |
| Figura 4 | Etapa 1. Modelagem do cenário de estudo | 51 |
| Figura 5 | Etapa 2. Análise dos pilares do processo tecnológico do cenário estudado | 52 |
| Figura 6 | Etapa 3. Análise dos dados coletados do cenário de estudo | 55 |
| Figura 7 | Identificação dos recursos humanos presentes no cenário de avaliação | 58 |
| Figura 8 | Modelagem Caso de uso para Ventilador pulmonar | 59 |
| Figura 9 | Modelagem Caso de uso para Bomba de infusão | 59 |
| Figura 10 | Modelagem da infraestrutura | 60 |
| Figura 11 | Porcentagem de heurísticas violadas na bomba peristáltica | 63 |
| Figura 12 | Porcentagem de heurísticas violadas na bomba de seringa | 65 |
| Figura 13 | Porcentagem de heurísticas violadas no ventilador do modelo 1 | 69 |
| Figura 14 | Porcentagem de heurísticas violadas no ventilador do modelo 2 | 69 |
| Figura 15 | Pocentagem de heurísticas violadas no ventilador do modelo 5 | 71 |
| Figura 16 | Anos de experiência do corpo clínico na UTI | 78 |
| Figura 17 | Frequência de uso da bomba de infusão e do ventilador | 79 |
| Figura 18 | Frequência de uso dos equipamentos distribuido por profissional | 80 |
| Figura 19 | Porcentagem de usuários treinados na bomba de infusão e no ventilador | 81 |
| Figura 20 | Tipo de treinamento recebido pelo usuário | 82 |
| Figura 21 | Comportamento do usuário ante novas tecnologias | 83 |
| Figura 22 | Sentimento causado ao usuário pelo uso da bomba de | |

| | |
|---|-----|
| infusão..... | 83 |
| Figura 23 Sentimento causado ao usuário pelo uso do ventilador pulmonar | 84 |
| Figura 24 Percepção dos usuários quanto aos parâmetros ambientais | 84 |
| Figura 25 Opinião dos usuários sobre o efeito dos parâmetros ambientais | 85 |
| Figura 26 Tendência da umidade do leito 6 do Hospital 2..... | 89 |
| Figura 27 Recomendação sobre o uso da bomba de infusão em modo volume..... | 95 |
| Figura 28 Recomendação sobre o uso da bomba de infusão em modo vazão | 96 |
| Figura 29 Recomendação sobre o alarme “pré-fim da infusão” | 96 |
| Figura 30 Recomendação na colocação de sensor de fluxo..... | 97 |
| Figura 31 Recomendação sobre colocação de válvula de exalação . | 97 |
| Figura 32 Central de monitorização | 98 |
| Figura 33 Temperatura Sala 1-H1..... | 129 |
| Figura 34 Temperatura Sala 2-H1..... | 129 |
| Figura 35 Temperatura Leito 7 - UTIN - H1 | 130 |
| Figura 36 Temperatura Leito 6 - UTIN - H1 | 130 |
| Figura 37 Temperatura Leito 1 - H2 | 131 |
| Figura 38 Temperatura Leito 6 - H2 | 131 |
| Figura 39 Temperatura Leito 7 - H2 | 132 |
| Figura 40 Temperatura Sala1 - H3 | 133 |
| Figura 41 Temperatura Sala2 - H3 | 133 |
| Figura 42 Umidade Sala1 - H1 | 134 |
| Figura 43 Umidade Sala2 - H1 | 134 |
| Figura 44 Umidade UTIN Leito 7 - H1 | 135 |
| Figura 45 Umidade UTIN Leito 6 - H1 | 135 |
| Figura 46 Umidade Leito 1 - H2 | 136 |
| Figura 47 Umidade Leito 6 - H2 | 136 |
| Figura 48 Umidade Leito 7 - H2 | 137 |
| Figura 49 Umidade Sala 1 - H3 | 138 |
| Figura 50 Umidade Sala 1 - H3 | 138 |
| Figura 51 Luminosidade Sala 1 - H1 | 139 |
| Figura 52 Luminosidade UTIN Leito 7 - H1..... | 140 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Figura 53 | Luminosidade UTIN Leito 6 - H1 | 140 |
| Figura 54 | Luminosidade Leito 1 - H2 | 141 |
| Figura 55 | Luminosidade Leito 6 - H2 | 141 |
| Figura 56 | Luminosidade Leito 7 - H2 | 142 |
| Figura 57 | Luminosidade Sala 1 - H3 | 143 |
| Figura 58 | Luminosidade Sala 2 - H3 | 143 |
| Figura 59 | Ruído Sala 1 - H1 | 144 |
| Figura 60 | Ruído Sala 2 - H1 | 144 |
| Figura 61 | Ruído UTIN Leito 7 - H1 | 145 |
| Figura 62 | Ruído UTIN Leito 6 - H1 | 145 |
| Figura 63 | Ruído Leito 1 - H2 | 146 |
| Figura 64 | Ruído Leito 6 - H2 | 146 |
| Figura 65 | Ruído Leito 7 - H2 | 147 |
| Figura 66 | Ruído Sala 1 - H3 | 147 |
| Figura 67 | Ruído Sala 1 - H3 | 148 |
| Figura 68 | Parecer do comitê de ética da UFSC | 151 |
| Figura 69 | Parecer do comitê de ética do H1 | 152 |
| Figura 70 | Parecer do comitê de ética do H2 | 153 |
| Figura 71 | Parecer do comitê de ética do H3 | 154 |
| Figura 72 | Bomba peristáltica | 155 |
| Figura 73 | Bomba de seringa | 156 |
| Figura 74 | Ventilador pulmonar | 157 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabela 1 | Parâmetros de temperatura e umidade para os ambientes de internação adulta e neonatal | 45 |
| Tabela 2 | Parâmetros de ruído para estabelecimentos de assistência à saúde | 45 |
| Tabela 3 | Parâmetros de iluminação para ambientes de internação | 47 |
| Tabela 4 | Tendência da temperatura mensurada para o Hospital 1 | 87 |
| Tabela 5 | Tendência da temperatura mensurada para Hospital 2. | 87 |
| Tabela 6 | Tendência da temperatura mensurada para Hospital 3. | 88 |
| Tabela 7 | Tendência da umidade mensurada para Hospital 1..... | 88 |
| Tabela 8 | Tendência da umidade mensurada para Hospital 2..... | 89 |
| Tabela 9 | Tendência da umidade mensurada para Hospital 3..... | 90 |
| Tabela 10 | Tendência da luminosidade mensurada para Hospital 1 | 91 |
| Tabela 11 | Tendência da luminosidade mensurada para Hospital 2 | 91 |
| Tabela 12 | Tendência da luminosidade mensurada para Hospital 3 | 92 |
| Tabela 13 | Tendência do ruído mensurado para Hospital 1 | 93 |
| Tabela 14 | Tendência do ruído mensurado para Hospital 2 | 93 |
| Tabela 15 | Tendência do ruído mensurado para Hospital 3 | 94 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|-----------|--|----|
| Quadro 1 | 14 regras heurísticas | 39 |
| Quadro 2 | Escala de severidade para dispositivos médicos | 40 |
| Quadro 3 | Resultado da Análise Heurística da Bomba Peristáltica | 61 |
| Quadro 4 | Resultado da Análise Heurística da Bomba de Seringa | 63 |
| Quadro 5 | Resultados da Análise Heurística do Ventilador modelo 1 | 66 |
| Quadro 6 | Resultados da Análise Heurística do Ventilador modelo 2 | 67 |
| Quadro 7 | Resultados da Análise Heurística Ventilador modelos 3 e 4 | 68 |
| Quadro 8 | Resultados da Análise Heurística do Ventilador modelo 5 | 70 |
| Quadro 9 | Resultados <i>Shadowing</i> . Categoria Recursos humanos .. | 72 |
| Quadro 10 | Resultados <i>Shadowing</i> . Categoria Tecnologia | 74 |
| Quadro 11 | Resultados <i>Shadowing</i> . Categoria Infraestrutura | 76 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|--|
| AH | Análise Heurística |
| AH | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |
| EC | Engenharia Clínica |
| ECRI | <i>Emergency Care Research Institute</i> |
| EFH | Engenharia de Fator Humano |
| FDA | <i>Food and Drugs Administration</i> |
| GTMH | Gestão de Tecnologia Médico-Hospitalar |
| H1 | Hospital 1 |
| H2 | Hospital 2 |
| H3 | Hospital 3 |
| OMS | Organização Mundial da Saúde |
| PTS | Processo tecnológico em saúde |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 27 |
| 1.1 | OBJETIVOS | 28 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral | 28 |
| 1.1.2 | Objetivos Específicos | 28 |
| 1.2 | CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA | 29 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA | 29 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 31 |
| 2.1 | A ENGENHARIA CLÍNICA E A GESTÃO DA TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR NO CONTEXTO ATUAL DA SAÚDE | 31 |
| 2.2 | A SEGURANÇA DENTRO DOS ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE | 32 |
| 2.2.1 | Fatores que afetam a segurança do processo tecnológico em saúde | 33 |
| 2.3 | A ENGENHARIA DE FATOR HUMANO | 34 |
| 2.3.1 | Métodos da engenharia de fator humano | 37 |
| 2.4 | A ENGENHARIA DE FATOR HUMANO PARA TECNOLOGIA | 38 |
| 2.4.1 | Análise heurística | 38 |
| 2.5 | A ENGENHARIA DE FATOR HUMANO PARA RECURSOS HUMANOS | 41 |
| 2.5.1 | Observação ou <i>Shadowing</i> | 41 |
| 2.6 | A ENGENHARIA DE FATOR HUMANO PARA AMBIENTES HOSPITALARES | 43 |
| 2.6.1 | Condições termo-higrométricas | 44 |
| 2.6.2 | Níveis de Ruído | 45 |
| 2.6.3 | Luminosidade | 46 |
| 3 | METODOLOGIA PROPOSTA | 49 |
| 3.1 | DESCRIÇÃO ESTRUTURAL DA METODOLOGIA PROPOSTA | 49 |
| 3.1.1 | Etapa 1: Modelagem do cenário de estudo | 49 |
| 3.1.2 | Etapa 2: Análise do cenário de estudo | 51 |
| 3.1.3 | Etapa 3: Análise dos dados coletados | 54 |
| 3.1.3.1 | Processamento dos valores dos parâmetros ambientais e questionários | 54 |
| 3.1.3.2 | Processamento de dados qualitativos do <i>shadowing</i> | 54 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.1.4 | Etapa 4: Proposta de ações da engenharia clínica para melhoria da segurança | 56 |
| 3.1.4.1 | Ações para o pilar da tecnologia | 56 |
| 3.1.4.2 | Ações para o pilar dos recursos humanos | 56 |
| 3.1.4.3 | Ações para o pilar da infraestrutura | 56 |
| 4 | APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA EM UM ESTUDO DE CASO | 57 |
| 4.1 | ETAPA 1. MODELAGEM DO CENÁRIO DE ESTUDO. | 57 |
| 4.2 | ETAPA 2 E 3. ANÁLISE DO CENÁRIO E DOS DADOS | 59 |
| 4.2.1 | Aplicação da análise heurística | 60 |
| 4.2.2 | Aplicação do <i>Shadowing</i> | 71 |
| 4.2.3 | Aplicação de questionários | 77 |
| 4.2.4 | Aplicação da monitoração de parâmetros ambientais | 85 |
| 4.2.4.1 | Resultados de medições de temperatura | 86 |
| 4.2.4.2 | Resultados de medições de umidade | 88 |
| 4.2.4.3 | Resultados de medições de luminosidade | 90 |
| 4.2.4.4 | Resultados de medições de ruído | 92 |
| 4.3 | ETAPA 4. PROPOSTA DE AÇÕES DA ENGENHARIA CLÍNICA PARA O AUMENTO DA SEGURANÇA | 94 |
| 4.3.1 | Recomendações de ações no pilar da tecnologia ... | 95 |
| 4.3.2 | Recomendações de ações no pilar dos recursos humanos | 97 |
| 4.3.3 | Recomendações de ações no pilar da infraestrutura | 98 |
| 5 | DISCUSSÃO | 99 |
| 6 | CONCLUSÕES | 103 |
| | REFERÊNCIAS | 105 |
| | ANEXO A – Planilha de dados resultantes da Análise Heurística | 118 |
| | ANEXO B – Planilha <i>Shadowing</i> | 121 |
| | ANEXO C – Questionários | 127 |
| | ANEXO D – Figuras resultantes da monitoração de parâmetros ambientais nos três hospitais avaliados | 129 |
| | ANEXO E – Parecer de aprovação dos comitês de ética | 151 |
| | Glossário | 155 |

1 INTRODUÇÃO

O sistema de saúde no século XXI coloca a segurança do paciente de maneira mais ampla dentro do contexto da qualidade e apela para um sistema de prestação de cuidados de saúde seguro, eficaz e centrado no paciente. Nesse contexto, a engenharia clínica (EC) desempenha um papel importante, desenvolvendo estudos e ferramentas para a Gestão da Tecnologia Médico-Hospitalar (GTMH), visando incorporar fatores de qualidade e segurança ao processo tecnológico em saúde (SIGNORI; GARCIA, 2008; DYRO, 2004; MEDICINE, 2000).

No processo tecnológico em saúde atual, o paciente é o centro de uma complexa rede de profissionais, tecnologias médicas, infraestrutura e outros elementos que têm expandido as possibilidades de diagnóstico e tratamento com foco na melhora da qualidade de vida do paciente. Porém, cada um desses elementos aumentam a probabilidade de aparecimento de falhas que impactam na segurança. Os seres humanos são suscetíveis a erros, algo esperado dentro de qualquer sistema. O sistema de saúde não foge desta realidade, no entanto, neste cenário os erros associados com a utilização da tecnologia médica são automaticamente atribuídos ao usuário. Além disso, os esforços para eliminá-los estão focados no usuário, isolando-o do sistema no qual trabalha. Assim, modelos simplistas de erros têm sido baseados na relação entre falha de equipamento e erro de usuário, por outro lado, modelos atuais reconhecem numerosas fontes de erros como resultado de complexas interações de recursos humanos, tecnologia e infraestrutura, caracterizando este panorama como um desafio para a GTMH (CARAYON, 2012; LANE; STANTON; HARRISON, 2006; LILJEGREN, 2006; SCANLON, 2006; DYRO, 2004; REASON, 2000).

Nesse cenário atua a engenharia de fator humano (EFH), permitindo identificar falhas em processos e contribuindo para reduzir a probabilidade de erros no ambiente hospitalar, por meio do estudo das pessoas e sua interação com a tecnologia e com o ambiente de trabalho. Os conceitos e ferramentas da EFH podem ajudar as organizações a analisarem a ocorrência de erros e desenvolverem contramedidas viáveis e eficazes. Atualmente, esta ferramenta é adotada pelos engenheiros clínicos e sua aplicação permite desenvolver sistemas seguros, confortáveis e eficazes ao uso humano. A EFH é uma ciência e uma disciplina prática que aplica informações sobre habilidades humanas, limitações e outras características para o desenho de equipamentos, processo, tarefas e ambientes para um uso humano produtivo, seguro,

confortável e efetivo (BEZERRA et al., 2012; SILVA et al., 2010; SCANLON, 2006; DONCHIN et al., 2003; KOHN; CORRIGAN; DONALDSON, 2000).

Sendo a EFH uma disciplina prática, ela faz uso de métodos para análises detalhadas de eventos que ocasionam erros. Esses métodos podem ser aplicados em distintas fases de execução de tarefas, coletando dados sobre o desempenho humano e permitindo desenvolver soluções eficazes e viáveis nos aspectos relacionados ao *design*. Dentre os métodos existentes, destacamos o método *Shadowing* e a análise Heurística (LARDNER; SCAIFE, 2006; STANTON et al., 2013; ZHANG et al., 2003; KAYE; CROWLEY, 2000).

O objetivo do projeto de pesquisa é identificar a causa dos erros de uso dos equipamentos médicos, com a proposta de uma metodologia baseada nos fundamentos da GTMH e da EFH, para propor ações estratégicas de gestão que impactem na segurança do processo tecnológico em saúde.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma metodologia que permita incorporar a engenharia de fator humano como ferramenta da Gestão da Tecnologia Médico-Hospitalar, e direcionar as ações da engenharia clínica na melhoria da segurança do processo tecnológico em saúde.

1.1.2 Objetivos Específicos

- i Analisar as inter-relações dos três domínios presentes no processo tecnológico em saúde: tecnologia, infraestrutura e recursos humanos;
- ii Avaliar parâmetros de usabilidade no *design* de equipamentos médicos assistenciais;
- iii Monitorar parâmetros físicos de infraestrutura e avaliar sua influência na ocorrência de erros;
- iv Identificar causas dos erros de uso.

1.2 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA

A presente pesquisa desenvolvida é de natureza aplicada, que objetiva gerar conhecimentos para aplicações dirigidas à solução do problema estabelecido, isto é, à ocorrência de erros de uso dentro do processo tecnológico em saúde. Quanto à abordagem, trata-se de uma pesquisa qualitativa, que procura a interpretação dos acontecimentos dos erros de uso e procura atribuir-lhes um significado. A coleta de dados foi realizada por meio da pesquisa de campo aplicada a um estudo de caso. Este trabalho tem como finalidade ser explicativo, tornando o problema inteligível e esclarecendo os fatores que contribuem para sua ocorrência (SILVEIRA, 2009; MORESI, 2003).

1.3 JUSTIFICATIVA

A literatura da segurança do paciente abrange distintas pesquisas; uma delas, realizada nos Estados Unidos pelo Instituto de Medicina, apontou que aproximadamente 1,3 milhões de pessoas são gravemente feridas a cada ano por eventos adversos envolvendo produtos médicos.

Adicionalmente, o estudo de Brennan et al. (2004) revelou que morrem mais pessoas por ano devido a erros no atendimento médico-hospitalar (entre 44.000 e 98.000) do que em acidentes com veículos automotores (43.458), câncer de mama (42.297) ou AIDS (16.516). Igualmente, a FDA tem reportado que aproximadamente 44% dos *recalls* e mais de um terço dos acidentes referentes a equipamentos médico-hospitalares envolvem erros de uso devido a problemas de *design*. Bogner (1991) citou um número significativo de casos potencialmente evitáveis em que a anestesia resultou em danos cerebrais ou morte (KAYE, 2010; DYRO, 2004; KOHN; CORRIGAN; DONALDSON, 2000).

Esse panorama tem aumentado a preocupação da EC em desenvolver ferramentas para gerenciamento de ações, com o objetivo de limitar acidentes e criar sistemas que sejam capazes de prevenir a ocorrência de erros.

No Brasil, apesar de todos os esforços da ANVISA, os incidentes com produtos para a saúde são sub-relatados. Porém, um estudo da Fundação Oswaldo Cruz, de 2014, aponta que 73,3% dos erros médicos poderiam ser evitados. Esta porcentagem não consegue expressar a relação dos erros com a dificuldade de utilização da tecnologia, no entanto, mostra que é preciso tomar ações no sentido de buscar segurança.

Ressalta-se que a FDA usa o termo “erro de uso” ao invés de “erro de usuário”, aquele termo é o mais adequado para descrever um grande número de problemas, já que se um erro ocorre repetidamente com diferentes usuários, a verdadeira causa do problema pode estar relacionada à complexidade do sistema. A busca por uma cultura de segurança e a qualidade do sistema de saúde são impedidas pelo fato de que não se procura e não se remove as causas dos erros. Estudos como o de Reis (2014) focam-se na classificação das falhas evidenciando que aquelas relacionadas a recursos humanos se encontram em níveis críticos, estabelecendo um precedente para estudos mais aprofundados que possam encontrar suas causas (REASON, 2000; SCANLON, 2006).

Os esforços feitos na melhoria da segurança têm ênfases em educação, treinamento e no estabelecimento de novos procedimentos, na tentativa de melhor adequar aos profissionais dentro do sistema de saúde. Esta abordagem é simplista e perigosa, as vidas continuam sendo postas em risco, não porque o corpo clínico não tente fazer seu melhor esforço ou porque não preste atenção durante o treinamento, o problema é que eles trabalham em ambientes únicos, com políticas únicas, com culturas diferentes e com diferentes tipos de tecnologia (SCANLON, 2006).

Por outro lado, o ambiente físico pode causar desconforto ao corpo clínico se este não cumprir com as condições adequadas de iluminação, conforto térmico, nível sonoro, entre outros aspectos. Se a temperatura do ambiente é fria ou quente, isto pode causar vasoconstrição ou vasodilatação, afetando o sistema nervoso, o que possivelmente pode causar o estresse. Se o ambiente apresentar uma umidade elevada, não permite que o suor se evapore, diminuindo o conforto térmico. O ruído também contribui para o estresse e para a fadiga, influenciando na produtividade e afetando de igual forma o desempenho cognitivo, isto devido à irritação e a frustração que esse parâmetro pode causar. Finalmente, uma boa iluminação garante o conforto, desempenho satisfatório e segurança visual, tornando mais fácil ver detalhes sem produzir desconforto, e sem efeitos negativos sobre o desempenho humano (CARAYON, 2012; STANTON et al., 2013; IIDA, 2005; CASALI; ROBINSON, 2003).

Em meio ao cenário descrito, a EFH apresenta-se como a ferramenta que permite desenvolver ações de melhoria na segurança por meio da análise e monitoramento dos fatores de erros dentro do ambiente de saúde, e consequentemente permitir desenhar sistemas que melhorem o desempenho, segurança e conforto dos usuários, enquanto também reduzem erros e perigos (BRINER et al., 2010).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A ENGENHARIA CLÍNICA E A GESTÃO DA TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR NO CONTEXTO ATUAL DA SAÚDE

A engenharia clínica (EC) auxilia os profissionais da saúde no gerenciamento e utilização efetiva da variedade de tecnologias médico-hospitalares disponíveis nos estabelecimentos de assistência à saúde. A EC é definida como a subespecialidade da engenharia biomédica, focada na aplicação de métodos da engenharia nos sistemas de saúde. Como resultado, engenheiros clínicos são os responsáveis pelo gerenciamento da tecnologia, treinamento no uso seguro de tecnologias, *design*, seleção, uso e manutenção dos equipamentos, para se chegar a um sistema de saúde efetivo e seguro (DYRO, 2004; BRONZINO, 1992).

Nos sistemas de saúde vêm ocorrendo diferentes mudanças, dentre elas estão: a confluência tecnológica, as forças demográficas e culturais, a economia e as forças regulatórias. Os programas de EC estão chegando a um ponto de inflexão estratégico, em que forças externas alteram os cenários, criando tanto oportunidades como desafios. A viabilidade a longo prazo da EC, como profissão e prestadora de serviços, depende de sua adaptação e da escolha de um modelo que garanta seu futuro e evite que seja assimilada por outros programas (GRIMES, 2003).

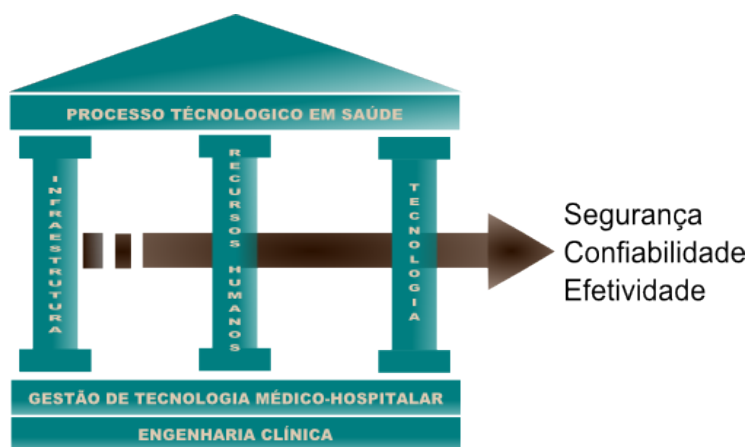
A EC tem tradicionalmente se focado no gerenciamento de equipamentos, porém o futuro prevê uma abordagem para sistemas e processos. Desse modo, surge o modelo do processo tecnológico em saúde (PTS), que analisa os sistemas de saúde como processos sustentados por três pilares: infraestrutura, tecnologia e recursos humanos; a sinergia destes elementos garantem a segurança, efetividade e confiabilidade. O modelo é mostrado na Figura 1 (GARCIA; SANTOS; SOUZA, 2010).

Como observado na Figura, o PTS está sustentado sobre a Gestão da Tecnologia Médico-Hospitalar (GTMH), gestão que atua diretamente para adequar os elementos que compõem os três pilares, gerenciando, desenvolvendo e aplicando ações para utilizar da melhor forma os recursos disponíveis e direcionando as ações operacionais, garantindo as demandas de qualidade no cuidado do paciente (MORAES; GARCIA, 2004).

Ante o ponto de inflexão, a GTMH deve adicionar novas ações, antes pouco consideradas, como as de análises de risco e análises de causa dos erros ante eventos adversos. Dessa forma, a GTMH conti-

nuará garantindo o uso adequado e efetivo da tecnologia por parte do corpo clínico. Ante a conjuntura atual do Brasil, a oportunidade é de examinar de perto os serviços existentes e determinar onde é necessário trabalhar, já que não se pode investir recursos em procedimentos pouco benéficos.

Figura 1: Modelo de qualidade do processo tecnológico sustentado por três pilares: infraestrutura adequada, recursos humanos capacitados e tecnologia dimensionada adequadamente.



Fonte: Adaptado de GARCIA, SANTOS e SOUZA (2010).

2.2 A SEGURANÇA DENTRO DOS ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE

A segurança do paciente é uma preocupação mundial. Em 2014, a Organização Mundial da Saúde (OMS) lançou o programa *World Alliance for Patient Safety*, que inclui uma série de relatórios elaborados pelo Instituto de Medicina dos Estados Unidos, em que claramente é identificada a segurança do paciente como um problema maior nos cuidados de saúde (CARAYON, 2010; LEAPE; BERWICK, 2005).

Há onze anos, este mesmo instituto impactou o mundo com a revelação de que centenas de milhares de pacientes hospitalizados foram feridos devido a erros médicos. Por conseguinte, surgiu e cresceu um movimento que fez com que cada hospital tenha seu programa de segurança do paciente e que se reconheça a segurança como uma das chaves para a qualidade nos sistemas de saúde. Ainda assim, não se

tem a total confiança de assumir este desafio da segurança por uma razão: é muito complicado e a complexidade tecnológica só continua aumentando. Existem muitas possibilidades do acontecimento de erros e um grande número de possibilidades de mudanças para enfrentá-los. Para que erros aconteçam, basta existir pessoas trabalhando em sistemas mal projetados, e seja qual forem as possibilidades de mudança, o melhor é começar com um entendimento adequado do porquê as pessoas erram, permitindo que processos possam ser desenhados no intuito de minimizar a ocorrência de erros (SPATH, 2011; LEAPE; BERWICK, 2005).

2.2.1 Fatores que afetam a segurança do processo tecnológico em saúde

Os erros são atos humanos não intencionais e um acidente geralmente é a consequência de uma cadeia de eventos causados por um sistema defeituoso. Os erros podem ser classificados como ativos e latentes: os ativos são aqueles desencadeados pela ação direta de um indivíduo, enquanto os latentes são oriundos de fatores de risco que estavam inativos até o momento do incidente (LEAPE et al., 1995).

Os acidentes são resultado de uma combinação de erros latentes, erros ativos e uma brecha na barreira de proteção contra erros. Estas barreiras têm como função preservar as vítimas potenciais, assim como avaliar riscos potenciais. As barreiras incluem funções (alarmes, barreiras físicas, desligamento automático), pessoas (corpo clínico) e procedimentos de controle (verificações) (SPATH, 2011).

Evidências bibliográficas da investigação de incidentes indicam que eventos adversos em geral são, em maior escala, resultado de situações ou atividades propensas ao erro, ao invés de pessoas propensas ao erro. Sistemas que procuram eliminar o erro no desempenho humano estão destinados a falhar, desse modo, é mais sensato trabalhar na melhora dos sistemas que induzem ao erro do que nas melhoras individuais. (SPATH, 2011; TEIXEIRA; CASSIANI, 2010). As razões desta afirmação são descritas a seguir:

- Os erros, produto de ações humanas, podem ser moderados, mas nunca eliminados;
- Diferentes tipos de erros têm diferentes mecanismos, acontecem em diferentes lugares e requerem diferentes métodos de gerenciamento;
- Erros são o produto de uma cadeia de causas em que fatores

psicológicos (desatenção momentânea, erro de julgamento, esquecimento, preocupação etc.) são frequentemente os menos gerenciáveis.

Os processos dentro dos sistemas de saúde falham porque apresentam características que tendem a incrementar os riscos, entre os quais se têm:

Entrada Variável: a natureza de entrada do processo pode influenciar sua confiabilidade afetando os resultados. Especificamente, um processo que recebe uma entrada que varia é disfuncional, porque tem que se modificar para se adequar a cada situação. No sistemas de saúde, o paciente é uma entrada altamente variável, assim como os equipamentos utilizados.

Complexidade: um processo complexo é mais provável de falhar do que um simples, isto parece óbvio, mas em sistemas de saúde há a tendência de continuar projetando sistemas complexos. Quanto mais passos tiver o processo, maior será a sua interdependência e, por conseguinte, maior sua complexidade.

Inconsistência: A consistência se refere à padronização, logo, um sistema mais consistente apresenta menos probabilidade de falha. Apesar da consistência aumentar a segurança, no contexto real dos sistemas de saúde esta opção dificilmente é alcançada, devido às políticas públicas.

A tecnologia reconhecida como um pilar do processo tecnológico em saúde, tem entre suas funções reforçar o desempenho e automatizar processos, assim como remover a oportunidade do aparecimento de erros de uso, porém a complexidade do PTS influi constantemente na ocorrência de diversos erros, com a variação de suas causas e consequências. É responsabilidade da GTMH, como parte de suas ações, encontrar maneiras de monitorar os processos e adaptá-los para que possam prever falhas (GRIMES, 2003; KOHN; CORRIGAN; DONALDSON, 2000).

2.3 A ENGENHARIA DE FATOR HUMANO

A Engenharia de Fator Humano (EFH) é a disciplina científica relacionada com a compreensão das interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema, estudando as variáveis que afetam o

desempenho individual ao usar um equipamento. Ela aplica teorias, princípios, dados e outros métodos a fim de otimizar o bem-estar humano. A EFH tem ênfase no usuário e foca-se em projetos centrados neles, ajudando a garantir que os cuidados de saúde, as tarefas e os ambientes envolvidos sejam seguros, eficazes e eficientes (CASSANO-PICHE et al., 2015; CARAYON, 2012; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011; INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION, 2010).

A EFH preocupa-se com a aplicação dos conhecimentos do comportamento humano, habilidades, limitações e outras características, para a concepção de sistemas, tarefas, ambientes e tecnologias. Ela estuda também a concepção de materiais didáticos que suportam o desempenho de tarefas ou o uso da tecnologia. O foco em fatores humanos é sobre a forma como as pessoas interagem com as tarefas, com as tecnologias e com o meio ambiente, a fim de compreender e avaliar essas interações. As metas são para otimizar a eficiência do sistema humano com eficácia, segurança, saúde, conforto e qualidade de vida (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011).

Por tudo o que foi indicado, a EFH apresenta-se como a ferramenta adequada para ser usada pela GTMH na melhoria da segurança dentro dos sistemas de saúde. Esta ferramenta pode auxiliar no desenvolvimento de estratégias para a redução de erros; assim como, no incremento da segurança e confiabilidade de sistemas e na redução de requerimentos de contínuos treinamentos. Do mesmo modo que a GTMH, que sustenta os três pilares, a EFH considera três componentes: usuários, ambiente de uso e interface da tecnologia. Estes importantes elementos são considerados no *design* de sistemas seguros e efetivos, como se vê na Figura 2 (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2011).

Figura 2: Elementos a considerar na ação da Engenharia de Fator Humano



Fonte: Adaptado de “Food and Drug Administration” (2011).

Conforme mostrado na Figura 2, a EFH foca-se nas interações entre as pessoas e os outros elementos de um sistema, em geral com o objetivo de otimizar a segurança e a efetividade. Elementos do sistema podem incluir tarefas, tecnologias e ambientes. O sucesso destas

interações depende do grau em que as capacidades físicas, sensoriais, cognitivas e emocionais das pessoas coincidam com as exigências impostas pelos elementos correspondentes do sistema.

Dada a complexidade da assistência em saúde, intervenções de EHF que não considerem todos os elementos do sistema têm pouca possibilidade de repercussão na qualidade de atendimento e na segurança do paciente. Os ambientes de trabalho em saúde têm imposto estresse a nível físico, cognitivo e psicossocial, razão pela qual se faz importante as análises que resultem em uma ótima compreensão desde a perspectiva do usuário. Deve-se começar com o fato que o corpo clínico faz seu trabalho com segurança e efetividade; e se seu desempenho é ineficiente ou inseguro, é porque existem fatores externos que o influenciam. A EFH auxilia na descoberta destes fatores e na proposta de ações preventivas (FAIRBANKS et al., 2007).

O uso de EFH em saúde e segurança não é novo, em 1950 foi conduzido um estudo no hospital Johns Hopkins, nos Estados Unidos, sobre erros de medicação, identificando 178 erros em 7 meses. Em 1996, a FDA emitiu uma guia que introduz os conceitos de fator humano para o *design* de dispositivos médicos. No ano 2005, o Instituto de Medicina dos Estados Unidos e a Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos recomendaram o uso de ferramentas, métodos, conceitos e teorias da EFH nos esforços para a melhoria da segurança, sendo esta uma peça chave dos sistemas de engenharia para desenhar e melhorar sistemas de saúde. Porém, têm-se como barreiras a falta de um pensamento como sistema, a complexidade da inovação e a falta de entendimento de seus benefícios. Do mesmo modo, a EFH tem sido usada no Canadá para analisar a usabilidade para a compra de bombas de infusão e, igualmente, para reprojetar as etiquetas de geração de medicação nas farmácias (CARAYON, 2010; SAWYER, 1996).

O Brasil está no começo da adoção da EFH em cenários de saúde. A primeira norma relacionada foi publicada pela ABNT em maio de 2010, denominada “NBR IEC 62366:2010 - Aplicação da engenharia de usabilidade a produtos para a saúde”. Assim mesmo, a ABNT tem reportado constantes reuniões com a *International Electrotechnical Commission* (IEC) e especialistas de EFH do mundo, o que visa fomentar em médio prazo a criação do *know how* nacional em processos de usabilidade.

Assim mesmo, existem publicações que estão adotando métodos da EFH em aplicações reais, como é o caso de: Custodio et al. (2015), Tsukahara et al. (2013), Bezerra et al. (2013, 2012), Silva et al. (2010), Silva (2008), Holsbach (2005).

2.3.1 Métodos da engenharia de fator humano

Atualmente, a tecnologia avança rapidamente e essas mudanças oferecem novos desafios e oportunidades para pesquisas da EFH. Paradoxalmente, uma ameaça significativa para a saúde pode ser encontrada dentro da tecnologia que presta cuidados. Muitas dessas ameaças surgem a partir da possibilidade de erros no uso de equipamentos e na realização de procedimentos, e tais erros podem ter consequências trágicas.

Muitos dos equipamentos em hospitais modernos são complexos, e mesmo usuários altamente capacitados podem, inadvertidamente, usá-los de forma incorreta com efeitos prejudiciais. Um importante desafio para a pesquisa é desenvolver formas de reduzir a incidência de erros na prestação de cuidados de saúde. Esta questão tende a aumentar a sua importância na medida em que a tecnologia disponível para a prestação de cuidados de saúde torna-se cada vez mais complexa (NICKERSON, 1995).

Para poder desenvolver sugestões de melhorias de um sistema, é importante a compreensão básica sobre as pessoas, seu comportamento e o cenário em que interagem. Tal como acontece com outras disciplinas, a EFH usa métodos de pesquisa, que variam desde experimentos de laboratório altamente controlados até para estudos observacionais menos controlados em contextos do mundo real, além de simulação e modelagem (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2011).

Os métodos de fator humano podem também ser empregados em diferentes âmbitos, como: avaliação de sistemas e elementos existentes; avaliação de protocolos de emergência depois de erros com consequências críticas; e violações à segurança do paciente ou vigilância pós-venta (CARAYON, 2010).

Da variedade de métodos usados pela EFH para esta pesquisa, foram escolhidos aqueles que melhor ajustam-se a cada pilar. Assim, foi escolhida a análise heurística para o pilar da tecnologia; o método *shadowing* para avaliar os recursos humanos; e uma monitoração para conferir o estado dos parâmetros ambientais.

Nas seguintes seções são descritas as características de cada um dos métodos.

2.4 A ENGENHARIA DE FATOR HUMANO PARA TECNOLOGIA

2.4.1 Análise heurística

Um equipamento médico pode ser usado com eficiência e segurança se as interações entre o ambiente, as capacidades do usuário e o seu *design* forem considerados quando este equipamento projetado. Assim, é preciso avaliar as tecnologias médicas para determinar se as características mencionadas são cumpridas, o que traduz-se em usabilidade e segurança. Esta análise é especialmente importante para os equipamentos médicos, já que o bem-estar de um paciente, muitas vezes, depende de seu uso eficaz. O método da análise heurística (AH) permite realizar esta avaliação de maneira simples e efetiva (REASON, 2000).

É importante determinar as causas do erro em uma variedade de situações em que as pessoas interagem com as máquinas, pois muitas vezes estes erros são induzidos por *designs* deficientes, porém são atribuídos a outros fatores, o que dificulta o trabalho de identificar maneiras de diminuir a probabilidade de incidentes ou reduzir seus efeitos nocivos quando eles ocorrem. Os fabricantes estão incentivados a desenvolver produtos que incorporem características únicas e distintivas que, em consequência, podem afetar o desempenho dos usuários ante a diversidade de interfaces; este método da análise heurística não pretende frear a inovação, mas sim garantir os requisitos mínimos que devem ser considerados para um bom *design* (CUSTODIO et al., 2015).

A AH é um método que avalia a usabilidade de um dispositivo, analisando seu desempenho segundo um conjunto de princípios de *design*, chamado de heurísticas. Os elementos do *design* do equipamento que são inconsistentes com as heurísticas são chamados violações. O principal benefício de aplicar este método é que muitos problemas de *design* com implicações na segurança podem ser identificados com pouco esforço. O propósito é identificar problemas de usabilidade, particularmente aqueles que tenham efeitos potenciais na segurança do paciente (CHAN et al., 2012).

Uma guia bem estabelecida foi desenvolvida por dois especialistas, Nielsen e Molich (1990), e suas 10 heurísticas, e Shneiderman (1998), e suas oito regras de ouro. Ambos critérios foram combinados e adaptados especificamente para avaliação de interfaces de dispositivos médicos por Zhang et al. (2003), resultando em um conjunto de 14 heurísticas, vistas como um conjunto de critérios de fator humano

necessários para um bom *design* de interface em dispositivos médicos.

Geralmente, a análise é feita por um ou dois especialistas em fator humano, o que significa que não é requerido o tempo dos usuários. Porém, quando possível, é vantajoso incluir usuários clínicos para pontuar a severidade dos problemas encontrados. Antes de conduzir a análise, é útil criar uma lista de tarefas para serem desempenhadas e, assim, cada avaliador pode segui-la na busca de violações.

Na análise do dispositivo, deve-se incluir todos os componentes com os quais os usuários interagem, incluindo: os componentes de *hardware*; os elementos do dispositivo que forneçam informação ao usuário, como luzes indicadoras, telas, alarmes visuais e auditivos; e o *design* do *menu* de interface.

Durante a análise, cada avaliador registra as violações encontradas e especificar três peças de informação: 1) onde ocorreu; 2) a descrição da violação; e 3) a severidade. As violações estão listadas no Quadro 1, que ajuda a organizar as violações em 14 categorias heurísticas. Para cada violação, deve ser atribuída uma pontuação de severidade, de acordo Quadro 2.

Quadro 1: 14 regras heurísticas

| | Heurística | Descrição |
|---|-----------------|--|
| 1 | Consistência | Consistência e padronização, os usuários não têm que adivinhar se diferentes palavras, situações ou ações significam o mesmo. Padrões devem ser respeitados no <i>design</i> de produtos |
| 2 | Visibilidade | Visibilidade do estado do sistema. Os usuários devem ser informados sobre o que está acontecendo com uma apropriada realimentação e exibição da informação |
| 3 | Correspondência | A imagem do sistema percebido pelos usuários deve corresponder ao modelo que os usuários têm do sistema |
| 4 | Minimalista | Qualquer informação estranha é uma distração e uma desaceleração no desempenho |
| 5 | Memória | Minimizar a carga de memória. Os usuários não devem precisar memorizar muita informação para fazer as tarefas. A carga de memória reduz a capacidade dos usuários para desempenhar tarefas importantes |
| 6 | <i>feedback</i> | Realimentação informativa. Os usuários devem receber realimentação imediata e informativa sobre suas ações |

Continua na seguinte pagina

Quadro 1 – 14 regras heurísticas Continuação

| | Heurística | Descrição |
|-----------|-------------------|---|
| 7 | Flexibilidade | Flexibilidade e eficiência. Os usuários sempre aprendem e sempre são diferentes. Dar aos usuários a flexibilidade de personalizar e criar atalhos para incrementar seu desempenho |
| 8 | Mensagens | Boas mensagens de erros. As mensagens devem ser suficientemente informativas para que os usuários possam entender a natureza do erro, aprender a partir deles e se recuperar |
| 9 | Erro | Prevenir erros. É sempre melhor criar interfaces que previnam erros antes que eles aconteçam |
| 10 | Fechamento | Fechamento claro. Cada tarefa tem um começo e um fim. Os usuários devem ser notificados claramente acerca da finalização da tarefa |
| 11 | Desfazer | Os usuários devem ter a possibilidade de recuperarem-se dos erros. Ações reversíveis também incentivam a aprendizagem exploratória |
| 12 | Linguagem | Usar a linguagem dos usuários. A linguagem deve ser sempre apresentada de forma compreensível |
| 13 | Controle | Os usuários devem estar no controle. Não dar a impressão que os usuários estejam sendo controlados pelo sistema |
| 14 | Documentação | Ajuda e documentação. Fornecer ajuda sempre que for necessário |

Fonte: Adaptado de (ZHANG et al., 2003)

Quadro 2: Escala de severidade para dispositivos médicos

| Severidade | Descrição |
|-------------------|--|
| 0 | Nenhum problema de usabilidade |
| 1 | Problema estético apenas. Não precisa ser corrigido, apenas é necessário de dispor de tempo adicional. |
| 2 | Problema de usabilidade menor. O reparo deste deve ser de baixa prioridade |
| 3 | Grande problema de usabilidade. Importante a correção. Deve ser dada alta prioridade. |
| 4 | Catástrofe de usabilidade. Imperativo para corrigir antes que o produto possa ser usado |

Fonte: Adaptado de Nielsen e Molich (1990) e Shneiderman (1998)

Como este método é simples, tem suas limitações, a principal é que somente problemas de usabilidade definidos na heurística serão

detectados. Outra limitação é que os avaliadores devem entender completamente as heurísticas para conduzirem a avaliação efetivamente, isso toma tempo e experiência. Se os avaliadores não estão familiarizados com as heurísticas, o processo de aprendizagem levará tempo. Finalmente, a severidade atribuída a cada violação, na maioria dos casos, é subjetiva. Para minimizar o impacto, recomenda-se que de três a cinco avaliadores analisem o dispositivo e estabeleçam a severidade.

A aplicação deste método e suas recomendações servem como auxílio para que os usuários se tornem capazes de usar o equipamento eficientemente, sem cometer erros involuntários que possam comprometer a segurança. Em geral, esta técnica é adequada para expor a maioria de problemas de usabilidade, porém não revela todos, assim, faz-se necessário o uso de outros métodos da EFH que auxiliem na descoberta de outras violações.

2.5 A ENGENHARIA DE FATOR HUMANO PARA RECURSOS HUMANOS

2.5.1 Observação ou *Shadowing*

A fim de entender os perigos relacionados ao uso de equipamentos, é necessário ter um conhecimento completo e exato de como eles são usados. O método do *shadowing* é valioso para entender as necessidades de usuários ou pacientes, capturar interações e identificar requerimentos de *design* e informação qualitativa relacionada à percepção e a opiniões. Um contato direto com os usuários é essencial para um bom trabalho de fator humano (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2011).

A observação ou *shadowing* é um método exploratório que permite a coleta de dados qualitativos e, como seu nome diz, pretende ser uma sombra dentro do ambiente natural do usuário e, assim, poder levar ao entendimento de como eles realizam seu trabalho e que fatores afetam suas decisões e ações. Sua aplicação ajuda na coleta de dados referentes a aspectos verbais e físicos de tarefas e cenários. Entre os dados coletados, têm-se: o uso da tecnologia e as características do ambiente; quais são as tarefas e como são desenvolvidas; sua sequência, frequência e duração; as limitações e a presença de erros. O *shadowing* é considerado como o ponto de partida para qualquer esforço de avaliação de usabilidade (STANTON et al., 2013).

A observação da interação do corpo clínico com um dispositivo no seu ambiente natural permite descobrir fatores que influenciam no de-

sempenho, isso mediante a análise da facilidade ou dificuldade com que a tarefa é desenvolvida, o que permite também conhecer as condições de funcionamento e de como isso pode afetar ao uso. É necessário também entender as necessidades dos usuários e identificar os desafios existentes com a tecnologia em uso, assim como coletar comentários, ideias para futuras propostas de mudanças e informações necessárias para estabelecer testes de desempenho. O *shadowing* é um método simples, mas útil, que prevê informação subjetiva que pode ser comparada e ratificada por outros métodos (JASPERS, 2009; STANTON et al., 2005).

O engenheiro clínico pode estar ciente de toda a informação acima mencionada, mas sua compreensão pode estar provavelmente incompleta, já que não foi assimilada sistematicamente e baseou-se apenas na percepção daquilo que os usuários reportaram. Usualmente, o que os usuários reportam é diferente do que realmente aconteceu. Adicionalmente, a informação pode ter algum nível de divergência, já que a informação dada pelos usuários pode estar sendo influenciada pelo temor de serem julgados (por exemplo: “se eu digo que não sei como fazer isso, eles podem acreditar que sou incompetente”). É por tudo isso que o melhor é observar e registrar o que está sendo feito, método mais confiável para se obter a realidade de como o pessoal trabalha (CASSANO-PICHE et al., 2015).

Apesar do método permitir coletar dados importantes, ele apresenta algumas limitações. Uma das maiores limitações é ser um método intrusivo, que tem efeito nas pessoas que estão sendo observadas, pois elas podem mudar seu comportamento, o que cria um viés e compromete a confiabilidade e a validade dos dados. Outra limitação refere-se à quantidade de tempo requerido para a aplicação, isso porque, para se obter um entendimento detalhado, são necessárias múltiplas visitas para conseguir observar todas as tarefas propostas e cada tipo de usuário, e tudo isso consome muitos recursos. Finalmente, o maior problema da observação é não poder inferir a causa dos problemas a partir da simples observação, já que os dados coletados devem representar o que atualmente acontece (STANTON et al., 2005).

Uma limitação importante a ser mencionada é à divergência do observador, em termos da habilidade de ver, interpretar e recordar o que foi visto; algumas vezes é visto o que é esperado ver, e a coleta de informação corresponde à experiência ou expectativa. Para superar esta limitação, é importante seguir um processo para a análise observacional (CASSANO-PICHE et al., 2015).

Normalmente, para começar com a observação deve-se determinar a natureza e o escopo da análise requerida, seguindo os passos:

- Definir os objetivos de análise: qual equipamento será analisado, em que ambiente será observado, que grupo de usuários serão observados, qual o tamanho da amostra representativa da população, qual é o tipo de cenário que será observado e quais dados serão requeridos;
- Planejamento de observação: estabelecer quais tarefas serão observadas e como serão observadas. Neste ponto deve-se definir uma ferramenta de coleta de dados, considerando que preencher tabelas é mais rápido e mais fácil do que escrever comentários longos quando o participante está desempenhando uma tarefa, o que reduz drasticamente o tempo de coleta e análise;
- Observação piloto: esta prática é crucial, já que permite avaliar algum problema com a coleta de dados, assim como os efeitos sobre os observados. Se forem encontrados problemas a abordagem deve ser redefinida;
- Condução da observação: a duração da observação depende dos objetivos estabelecidos e ela deve terminar somente se os dados requeridos foram coletados. Também é importante passar algum tempo antes com a pessoa que será observada, para que ela possa acostumar-se à ideia de ser observada;
- Análise dos dados: geralmente envolve a transcrição dos dados coletados, sendo um processo que demanda muito tempo, mas é importante para a análise. Quando a transcrição está completa, dependendo da natureza da análise, os dados da observação são usados para informar diferentes características de fator humano (STANTON et al., 2013; OUELLET et al., 2009).

O *shadowing* é o primeiro passo para descobrir problemas presentes em qualquer cenário. Seguindo sua condução dentro dos lineamentos mencionados, ele permitirá examinar a influência dos três domínios do processo tecnológico em saúde na ocorrência de erros de uso.

2.6 A ENGENHARIA DE FATOR HUMANO PARA AMBIENTES HOSPITALARES

Um ambiente de saúde com *design* ergonômico cria condições confortáveis, aceitáveis e que não comprometem o desempenho do trabalhador. A partir deste ponto de vista, várias características ambientais precisam ser atendidas como: a temperatura, a umidade, a

luminosidade e o ruído. Estes parâmetros são considerados importantes porque podem limitar a efetividade do uso de equipamentos e afetar o desempenho dos usuários (ELIAS, 2013; CARAYON, 2012).

Identificam-se os fatores ambientais com erros latentes que podem afetar o desempenho no trabalho e a satisfação, além de influenciar na fadiga, no comportamento, nas taxas de erros e no estresse; isto porque a habilidade de desempenhar um trabalho está intrinsecamente relacionada às condições ambientais. O corpo tem a habilidade de se adaptar a ambientes, mas quando o ambiente supera certos limites, o desempenho e a saúde se deterioram (STANTON et al., 2013).

Embora exista evidências consideráveis dos efeitos do estresse em trabalhadores de saúde, tem-se informação limitada de pesquisas que examinem como o ambiente físico contribui para seu aparecimento. Alguns estudos descritivos têm avaliado algumas características da UTI, tais como: luzes pisca pisca, alarmes e ruídos de equipamentos, e apontaram o ambiente físico dos estabelecimentos de saúde como uma das causas do estresse ocupacional. Porém, para nutrir estas descobertas, é necessário atuar por meio de abordagens que analisem as condições ambientais, para assim auxiliar na projeção de melhores *designs* dos ambientes de trabalho (por exemplo: sistemas efetivos de ventilação, adequado projeto acústico, luminosidade apropriada e desenho ergonômico) e fazer dos hospitais áreas com menos riscos, menos estresse e melhores ambientes para trabalhar, que resultem na redução e prevenção de erros (APPLEBAUM. et al., 2010; ULRICH et al., 2008; DONCHIN; SEAGULL, 2002; CORR, 2000).

2.6.1 Condições termo-higrométricas

A Norma Brasileira NBR 7256, válida a partir de 29 de abril de 2005, estabelece que o controle das condições termo-higrométricas é necessário para, além de propiciar condições gerais de conforto para os pacientes e profissionais da área de saúde, manter condições favoráveis a tratamentos específicos; inibir a proliferação de microrganismos, favorecida por umidade alta; e propiciar condições específicas de temperatura ou umidade para operação de equipamentos especiais (LAMBERTS, 2013; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

A Tabela 1 apresenta os valores adequados para os ambientes UTI e UTI neonatal.

Tabela 1: Parâmetros de temperatura e umidade para os ambientes de internação adulta e neonatal

| Serviço | Temperatura °C | Umidade Relativa % |
|--------------|----------------|--------------------|
| UTI neonatal | 22-26 | 40-60 |
| UTI | 21-24 | 40-60 |

Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2005)

2.6.2 Níveis de Ruído

Para manter um conforto acústico em ambientes diversos, estabelece-se a norma NBR 10152, válida a partir de março de 1987, e que incorpora uma errata em 1992. Os valores adequados de ruído, com unidades em decibéis (dB), são apresentados na Tabela 2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987).

Tabela 2: Parâmetros de ruído para estabelecimentos de assistência à saúde

| Local | dB |
|-------------------------------|-------|
| Berçários, Centros Cirúrgicos | 35-45 |
| Serviços | 45-55 |

Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987)

O ruído é o parâmetro mais frequentemente estudado como fator relacionado ao estresse. No entanto, as pesquisas têm se focado nos efeitos do ruído em pacientes e há poucas sobre o corpo clínico. Blomkvist et al. (2005) concluiu que as enfermeiras foram afetadas adversamente, devido aos altos níveis de ruído, associados com o incremento do estresse, aborrecimento e fadiga. Baixos níveis de ruído relacionaram-se com efeitos positivos no corpo clínico.

Igualmente, ruídos imprevisíveis podem distrair as pessoas e interferir no seu desempenho, sendo que estes obstruem o desempenho na tarefa mais do que os previsíveis. Além disso, o ruído tem um impacto negativo maior, quando as tarefas são mais complicadas, portanto uma combinação de ruídos imprevisíveis e tarefas complicadas pode incrementar os erros em cálculo, seguimento e monitoração, e levar a uma aprendizagem lenta e pobre memorização. No entanto, estas descobertas não têm sido totalmente exploradas em cenários de saúde. Pesquisas como as de Elias (2013) e Neto et al. (2010) mensuram ruídos presen-

tes em serviços de saúde, porém não estabelecem relações concretas com o impacto no aprendizado e no desempenho (LEATHER; BEALE; SULLIVAN, 2003).

A OMS estabelece que os valores dos ruídos contínuos de fundo em quartos de pacientes devem ser de 35 dB durante o dia e 30 dB à noite, com picos que não devem exceder os 40 dB. No entanto, pesquisas têm demonstrado que estes níveis são muito maiores e só vêm aumentando. Por exemplo, os níveis de ruído nos centros cirúrgicos são de 45 a 68 dB, com picos que excedem os 85 a 90 dB (KRACHT; BUSCH-VISHNIAC; WEST, 2007).

Dentre os motivos que tornam os hospitais ambientes ruidosos estão as numerosas fontes de ruído (vozes, alarmes, telefones); o *design* do ambiente, que reflete os sons e não os absorve; e o ruído originado também pelo paciente. Se considerarmos os ruídos que são emitidos pelos equipamentos em funcionamento e as vozes, apenas com isso já temos níveis de 70 a 75 dB; e os alarmes podem exceder os 90 dB, o que é comparado a caminhar junto a uma estrada com caminhões passando. Na UTI registrou-se que 37% dos picos de ruído excedem os 90 dB. A escala de decibéis para quantificar a intensidade de pressão é logarítmica, na qual cada aumento de 10 dB corresponde a um valor 10 vezes maior. Um estudo que investigou a contribuição de fatores auditivos como altos níveis de ruído (80 dB), diferentes tipos de música e distrações auditivas durante cirurgia; não encontrou evidência significativa de seus efeitos, porém ressalta-se que estes estudos têm sido realizados em ambientes simulados com tarefas e ruídos simulados (PUGH, 2007).

Entrevistas revelam que o corpo clínico percebe como um problema os altos níveis de ruído, assim como estressantes e que interferem no trabalho. No entanto, os resultados apontam que o corpo clínico é capaz de evitar os efeitos adversos do ruído no desempenho, embora o tempo necessário para realizar uma tarefa tenda a aumentar; considera-se que este resultado é de uma pesquisa com níveis de ruídos constantes e não intermitentes (ULRICH et al., 2008; DHILLON, 2003; ULRICH, 2001).

2.6.3 Luminosidade

A Norma Brasileira NBR ISO/CIE 8995-1, válida a partir de 21 de abril de 2013, especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos, assim como os requerimentos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente (ASSOCIAÇÃO

BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Os valores de iluminação de ambientes de internação podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros de iluminação para ambientes de internação

| Tipo de ambiente e atividade | Lux | Observações |
|------------------------------|------|-------------------|
| UTI – Iluminação geral | 100 | No nível do piso |
| UTI – Exame simples | 300 | No nível do leito |
| UTI – Exame e tratamento | 1000 | No nível do leito |

Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2013)

Estudos em ambientes alheios à saúde demonstraram que, assim como ocorre com o caso dos ruídos, a ocorrência de erros pode ser afetada pelos níveis de luminosidade, porém não na mesma escala. Tarefas de inspeção visual são menos efetivas quando a luz não é muito brilhante, estudos realizados no serviço de farmácia revelaram que os erros foram mais frequentes a 450 lux do que a 1.500 lux (APPLEBAUM. et al., 2010).

A maioria dos ambientes em saúde apresentam uma combinação de luz natural e artificial. Uma constante exposição à luz artificial, em específico fluorescentes, é mencionado pelas enfermeiras como um dos aspectos mais difíceis para se trabalhar. Um estudo realizado com 141 enfermeiras na Turquia apontou que a exposição delas à luz natural, por pelo menos 3 horas diárias, as fazem ter menos estresse. Pesquisadores do centro de *design* médico confirmaram que o efeito mais óbvio da luminosidade é a capacidade de visão e desempenho em tarefas visuais (APPLEBAUM. et al., 2010; MROCZEK et al., 2005).

A luminosidade é uma representação do nível de luz do ambiente visual. Em geral, quando a luminosidade aumenta, os níveis de adaptação incrementam e os humanos veem objetos com detalhes mais finos e podem processar as informações visuais mais rápido e com maior exatidão. Por esse motivo, uma alta luminosidade é recomendada para tarefas visuais difíceis e críticas.

3 METODOLOGIA PROPOSTA

Considerando o problema do estudo em questão e com base no referencial teórico, desenvolveu-se uma metodologia geral e aplicável a qualquer cenário de saúde. Esta metodologia é usada na identificação de erros de uso no processo tecnológico em saúde, como consequência da influência dos três pilares: tecnologia, recursos humanos e infraestrutura; visando contribuir com a GTMH para a melhoria da segurança.

A identificação dos erros seria insuficiente para que a engenharia clínica pudesse propor soluções, portanto é importante aprofundar-se no conhecimento da sua natureza. Diante desta necessidade, a EFH apresenta-se como a ferramenta que melhor se ajusta neste intuito, já que estuda as pessoas e sua interação com a tecnologia e com o ambiente de trabalho, assim, com seus conceitos e ferramentas analisa a ocorrência de erros e sua aplicação permite desenvolver sistemas seguros, ergonômicos e eficazes (CARAYON, 2012).

3.1 DESCRIÇÃO ESTRUTURAL DA METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia desenvolvida, como proposta de aplicação da EFH na engenharia clínica, foi baseada no modelo PDCA (do inglês: *Plan - Do - Check - Act*). Desse modo, foi sistematizada em quatro etapas – modelagem do cenário de estudo, análise do cenário, análise dos dados e proposta de ações para a melhoria da segurança – cuja aplicação caracteriza um processo sistêmico. A Figura 3 mostra as etapas, bem como representa, de forma ilustrativa sua correlação e interdependência.

Na sequência, são descritas com detalhes as etapas, assim como as ferramentas necessárias para a aplicação da metodologia proposta.

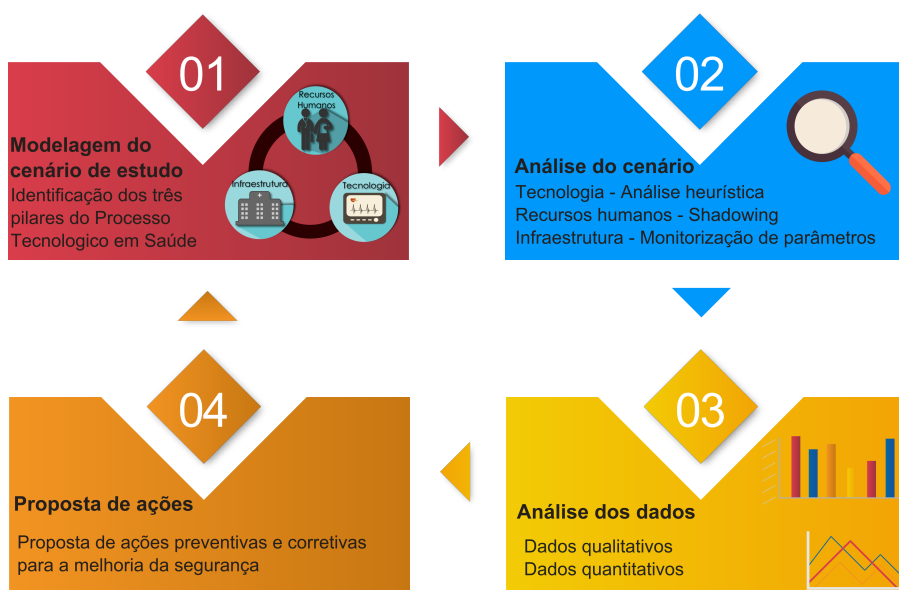
3.1.1 Etapa 1: Modelagem do cenário de estudo

Para a modelagem do cenário, deve-se seguir os passos mostrados na Figura 4. Em primeiro lugar, é preciso definir o cenário de estudo, para isto considera-se evidências, tais como: informações de erros recorrentes sem aparente falha no equipamento (REIS, 2014); publicações que apontam a presença de erros; e a necessidade de avaliação pela complexidade do serviço. Qualquer uma das justificativas mencionados ou a presença de outras será determinante na definição do cenário alvo

da avaliação.

Uma vez definido o cenário, realiza-se uma inspeção piloto dentro do serviço e, mediante uma observação, busca-se identificar as características de cada pilar. Para o pilar dos recursos humanos, procura-se reconhecer quais profissionais trabalham e quais as suas interações com a tecnologia. Além da inspeção, também pode ser uma fonte de informações as resoluções do Ministério da Saúde que possam vir a descrever as atribuições de cada profissional.

Figura 3: Metodologia proposta para suporte da gestão de tecnologia médico-hospitalar



Elaboração própria (2015)

Correspondente ao pilar de tecnologia, a inspeção permite identificar os equipamentos usados no serviço e as tarefas realizadas neles; mesmo assim, é importante a leitura dos manuais de operação para aprofundar no conhecimento do funcionamento destes.

Para o pilar da infraestrutura, pretende-se monitorar variáveis ambientais presentes no cenário e assim identificar sua influência nos erros de uso. Assim, com esta primeira inspeção, pretende-se determinar a melhor localização para a plataforma que irá mensurar estes parâmetros ambientais.

Figura 4: Etapa 1. Modelagem do cenário de estudo

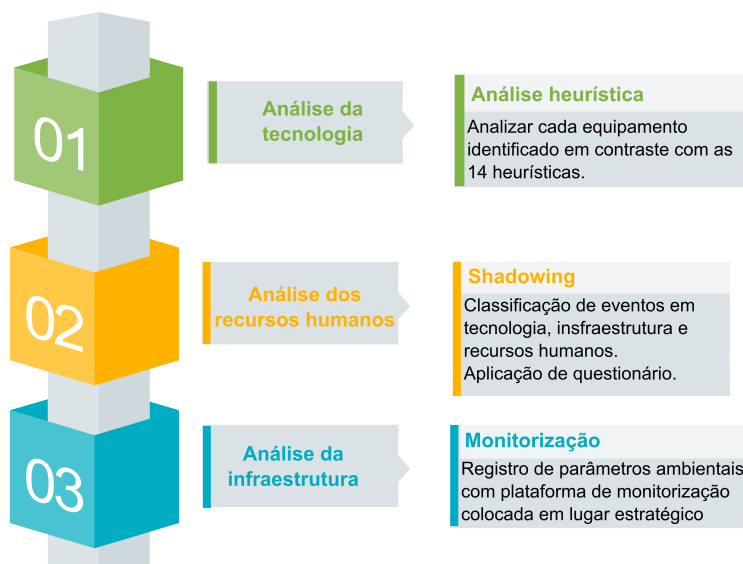


Elaboração própria (2015)

3.1.2 Etapa 2: Análise do cenário de estudo

Esta pesquisa pretende obter uma compreensão dos erros e/ou dificuldades resultantes das interações dos três domínios do processo tecnológico em saúde: infraestrutura, tecnologia e recursos humanos, assim sendo, realiza-se uma análise para cada domínio independentemente. O procedimento desta etapa é representado na Figura 5.

Figura 5: Etapa 2. Análise dos pilares do processo tecnológico do cenário estudado



Elaboração própria (2015)

No pilar da tecnologia, identificam-se problemas de usabilidade nos equipamentos do cenário estudado, aplicando o método da análise heurística. A análise é realizada avaliando o *design* da tecnologia em contraste com as 14 regras definidas por Zhang et al. (2003) e especificadas no capítulo anterior. Para cada problema de usabilidade encontrado, determinam-se as heurísticas violadas, sendo que cada desvio pode estar violando mais de uma heurística. Todos estes dados são registrados na planilha, especificada no Anexo A deste estudo.

A metodologia da análise heurística prevê sua aplicação por, pelo menos, três pessoas com diferentes expertises para a validação dos dados; porém, para esta pesquisa, pretende-se aplicar esta técnica para criar uma base de conhecimento para posterior coleta de dados em campo. A aplicação deste método deve-se realizar em um ambiente que permita simular os procedimentos de uso, assim como avaliar o *design* físico na procura de desvios. O tempo de aplicação se limita até quando novos problemas não surjam.

A seguir, analisa-se o pilar dos recursos humanos por meio da aplicação do método *shadowing*. Este método permite o entendimento da interação dos usuários com os outros dois pilares. O *shadowing* é

focado nos recursos humanos.

O *shadowing* não é mais que uma coleta de dados em campo por meio de um acompanhamento contínuo. Observa-se as interações dos usuários e coletam-se sistematicamente os eventos observados. Para uma coleta organizada, elaborou-se um instrumento de coleta (Anexo B) permitindo que todas as observações sejam categorizadas em cada pilar do processo tecnológico em saúde. Neste instrumento, registram-se também os equipamentos presentes em cada leito, considerando a quantidade e sua configuração, a modo de conhecer sua utilização e rotatividade.

Para esta metodologia, é usado o *shadowing* com natureza exploratória, sendo que o objetivo é descobrir os erros e/ou dificuldades presentes no cenário produto de interações dinâmicas. O método de observação é direto com a inserção no serviço de saúde, com um tempo de aplicação de 6 horas e com horário das 9h até às 15h. Considera-se este horário por ter a característica de maior movimentação, sendo que às 9h começam os cuidados do paciente, e no meio da manhã é o horário de visita de familiares, assim como das rondas médicas. Depois das 15h, a rotina se repete.

Deve-se dar especial atenção a eventos como alarmes, comentários dos usuários, programação de parâmetros e condições de operação dos equipamentos e se estes afetam o uso. No percurso da pesquisa de campo, é importante adotar atitudes que tornem a coleta de dados mais produtiva, como: coletar unicamente os dados que sejam parte do estudo; quando observar eventos confusos, efetuar as respectivas perguntas aos participantes no momento adequado; e escrever os comentários de todas as observações, o que é primordial.

Adicionalmente, na análise dos recursos humanos aplica-se um questionário com 08 perguntas fechadas, sendo a última questão tipo Likert. Este instrumento de pesquisa tem como objetivo mapear as características do corpo clínico que trabalha no cenário (Anexo C). Os participantes são recrutados aleatoriamente e abordados nos momentos de pausa entre atividades.

Para a análise da infraestrutura, realiza-se um monitoramento contínuo dos parâmetros ambientais de: temperatura, umidade, luminosidade e ruído. Este monitoramento é considerado oportuno, porque parâmetros fora dos limites estabelecidos por normas podem afetar o desempenho do usuário e, como consequência, influenciar na ocorrência de erros (APPLEBAUM et al., 2010; DONCHIN et al., 2003).

Para a monitoração, deve-se estabelecer um período de tempo adequado, porque alguns parâmetros mudam continuamente no tempo.

Por exemplo, a temperatura e o ruído variam dependendo do horário do dia e do número de pessoas ou dos procedimentos clínicos realizados. Desse modo, medições tomadas em curtos períodos de tempo podem não ter a precisão suficiente para representar as condições reais do ambiente. Estabeleceu-se assim, o período de tomada de dados em cinco dias durante 6 horas (da mesma forma que na aplicação do *shadowing*). Dessa maneira, espera-se obter o registro de todas as variações possíveis.

A etapa 2, que compreende a análise do cenário, estará concluída quando for alcançada a saturação teórica, isto é, quando não existam novas informações relevantes.

3.1.3 Etapa 3: Análise dos dados coletados

A etapa anterior gera três tipos de dados: informações qualitativas das observações, dados do monitoramento dos parâmetros ambientais e respostas do questionário. Todos os dados requerem de um processamento para extrair evidências; por conseguinte, estabeleceu-se um tratamento para cada um deles. O procedimento de análise de dados está representado na Figura 6.

3.1.3.1 Processamento dos valores dos parâmetros ambientais e questionários

Os valores coletados de parâmetros ambientais processaram-se com operadores estatísticos (média, desvio padrão, valor máximo e mínimo) e os resultados são apresentados especificando se os dados estão dentro dos valores adequados estabelecidos por normas técnicas.

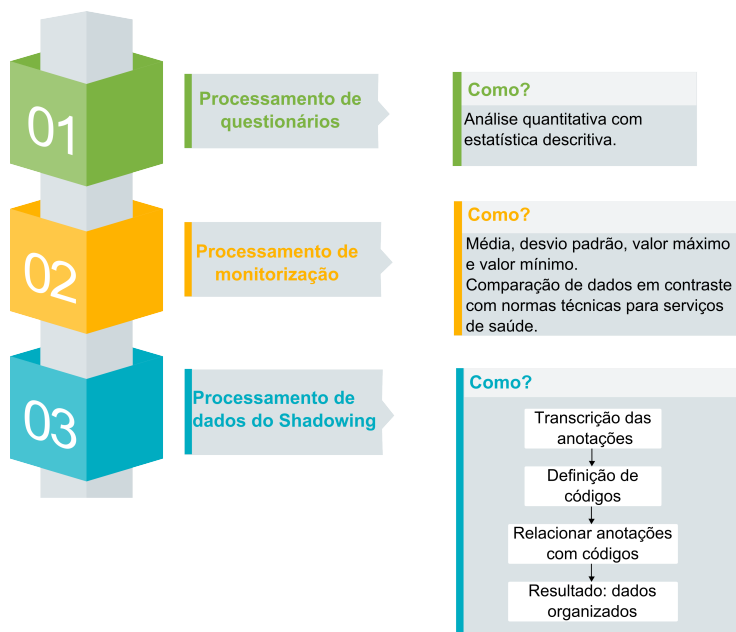
Para a análise do questionário, gera-se uma base de dados e realiza-se uma análise quantitativa com estatística descritiva que permite revelar padrões.

3.1.3.2 Processamento de dados qualitativos do *shadowing*

As pesquisas de abordagem qualitativa geram um grande volume de dados a serem analisados. O processo é complexo e precisa de um trabalho de organização e interpretação dos dados. É necessário um processo que identifique categorias, tendências e relações, e facilite a formação de conclusões. Neste projeto, foi utilizada a técnica de

análise de enquadramento, que permite tornar os dados qualitativos em sistemáticos e comparáveis (APPLEBAUM. et al., 2010; TEIXEIRA, 2003; POPE; ZIEBLAND; MAYS, 2000).

Figura 6: Etapa 3. Análise dos dados coletados do cenário de estudo



Elaboração própria (2015)

A análise de dados qualitativos é um processo de entendimento dos dados coletados, e consolida-se interpretando a opinião dos participantes e as observações. O processamento começa com a transcrição das anotações manuais da pesquisa de campo para uma versão digital. Uma vez terminado isso, faz-se uma releitura do texto e resalta-se as palavras ou segmentos que apareçam mais de uma vez, estejam relacionados ao objetivo da pesquisa e sejam definidos como códigos.

Com os códigos definidos, realiza-se a análise de enquadramento, na qual se relacionam as anotações transcritas com o código que as represente melhor. Em seguida os dados são organizados em categorias, e considerou-se cada pilar (tecnologia, recursos humanos e infraestrutura) como uma categoria. Com todos os passos anteriores concluídos, consegue-se uma visão geral do cenário estudado, o que permite identificar os erros em cada categoria, principal objetivo da pesquisa.

3.1.4 Etapa 4: Proposta de ações da engenharia clínica para melhoria da segurança

A engenharia clínica, por meio da GTMH, procura uma melhoria nos sistemas de saúde e, com os resultados obtidos da aplicação da metodologia proposta, é possível sugerir ações de prevenção e minimização da ocorrência de erros direcionadas ao aumento da segurança. As ações propostas distribuem-se para cada pilar do cenário e, desse modo, é possível conseguir uma melhora para todo o processo tecnológico.

3.1.4.1 Ações para o pilar da tecnologia

As atividades sugeridas neste pilar estão diretamente ligadas aos resultados da aplicação da análise heurística. Os problemas de *design* identificados são avaliados para recomendar melhorias na usabilidade dos equipamentos. Esta metodologia pode ser implementada em qualquer fase do uso da tecnologia, e as recomendações efetuadas dependerão disso.

3.1.4.2 Ações para o pilar dos recursos humanos

O uso do *shadowing* permite reconhecer as características dos usuários e seu comportamento quanto ao uso da tecnologia. Ao serem identificadas atividades de risco, sugerem-se ações para atenuar o uso inadequado, assim como estabelecer mudanças nas atitudes dos usuários.

3.1.4.3 Ações para o pilar da infraestrutura

No pilar da infraestrutura, o foco são os parâmetros ambientais, assim como a distribuição do espaço no serviço avaliado. Desse modo, com os resultados da monitoração, sugerem-se mudanças que possam ser cumpridas sem grandes investimentos.

4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA EM UM ESTUDO DE CASO

A aplicação desta metodologia, foi realizada após a aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos, da Universidade Federal de Santa Catarina, por meio do processo nº 1.158.713. De modo semelhante, três dos hospitais em que a pesquisa foi conduzida solicitaram a apreciação do projeto por seu comitê de ética interno, sendo que os três aprovaram a realização da pesquisa, de acordo com os pareceres nº 1.223.665, nº 1.186.404 e nº 1.201.462.

Em seguida são apresentados os resultados da aplicação da metodologia.

4.1 ETAPA 1. MODELAGEM DO CENÁRIO DE ESTUDO

O cenário escolhido para o estudo de caso é a Unidade de Terapia Intensiva (UTI), já que diversos estudos relatam uma maior incidência de eventos adversos nas UTIs, em comparação com outros serviços de assistência à saúde. A UTI é um ambiente complexo e dinâmico com mudanças constantes, onde existe um grande número de equipamentos de tecnologia avançada que facilitam o diagnóstico, monitoração e tratamento, mas, por outro lado criam demandas adicionais para o corpo clínico. Na UTI, o paciente está mais propenso a sofrer complicações relacionadas ao tratamento ou ao procedimento, tais como: falhas de equipamentos, erros relacionados à medicação ou complicações respiratórias (WELTERS et al., 2011; VALENTIN et al., 2006; DONCHIN et al., 2003).

A população para o projeto de pesquisa é composta por três hospitais, amostra que representa 57% do total da rede da Secretaria de Saúde de Santa Catarina, denominados apenas como H1, H2 e H3. Nestes três hospitais foram avaliados um total de 41 leitos. O total de recursos humanos que participaram foi identificado por meio da RDC nº 07/2010, que estabelece os requisitos mínimos para o funcionamento das UTIs, representados na Figura 7. Seguindo as diretrizes da referida RDC, foi calculada a amostra com um nível de confiança de 90% e um nível de precisão de 5% em 62 participantes, distribuídos em 12 enfermeiras, 29 técnicos de enfermagem, 14 médicos e 7 fisioterapeutas.

Figura 7: Identificação dos recursos humanos presentes no cenário de avaliação

| Médico | Enfermeiro |
|-----------------------|------------------------|
| 1 para cada 10 leitos | 1 para cada 8 leitos |
| 3 turnos | 3 turnos |
| | |
| Fisioterapeuta | Téc. Enfermagem |
| 1 para cada 10 leitos | 1 para cada 2 leitos |
| 3 turnos | 3 turnos |
| | |

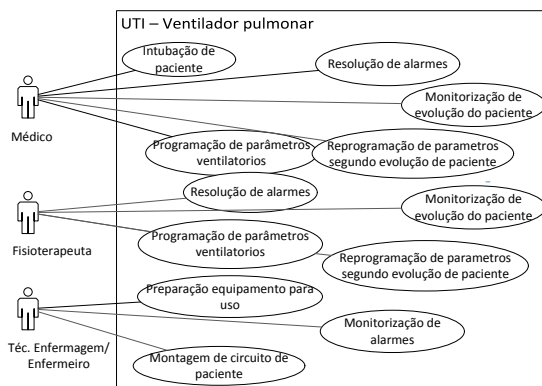
Elaboração própria (2015)

Para identificar o pilar da tecnologia, realizou-se uma inspeção para reconhecer os equipamentos usados no serviço e as interações mais comuns realizadas. Devido à quantidade de tecnologias presentes, e baseando-se nos informes de riscos da ECRI, restringiu-se a amostra ao ventilador pulmonar (ECRI, 2014) e à bomba de infusão (ECRI, 2012b), já que são classificados como equipamentos que colocam em risco ao paciente, considerando ainda que 54% dos eventos adversos resultantes da administração de medicação acontecem durante o uso da bomba de infusão (GROSSE-WENTRUP; HOELSCHER, 2015; CHIARIZIA; MINIATI; IADANZA, 2015).

Portanto, o estudo de caso deste projeto de pesquisa estabeleceu-se na UTI com profissionais médicos, enfermeiros, fisioterapeutas e técnicos de enfermagem, e com foco nas tecnologias: ventilador pulmonar e bomba de infusão. A modelagem deste cenário se apresenta na Figura 8, para o ventilador, e na Figura 9, para a bomba de infusão.

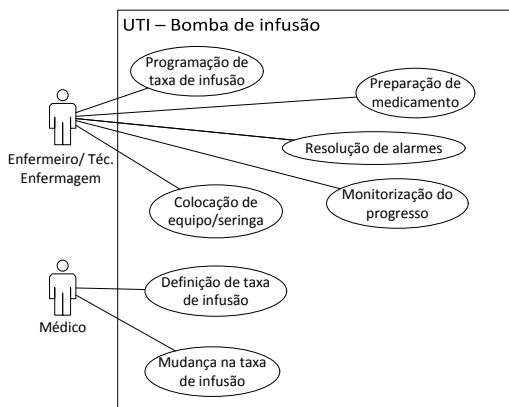
Durante a inspeção, identificou-se a posição da plataforma para a monitoração dos parâmetros ambientais. Viu-se como o melhor lugar a prateleira do monitor multiparâmetro de cada leito, que encontra-se a uma altura de 140 cm em relação ao chão, pois neste lugar não há interferência com o trabalho do corpo clínico. Escolheram-se os leitos com maior número de equipamentos em uso para que estes sejam monitorados. Um exemplo da localização da plataforma apresenta-se na Figura 10, representado por um retângulo vermelho.

Figura 8: Modelagem Caso de uso para Ventilador pulmonar



Elaboração própria (2015)

Figura 9: Modelagem Caso de uso para Bomba de infusão

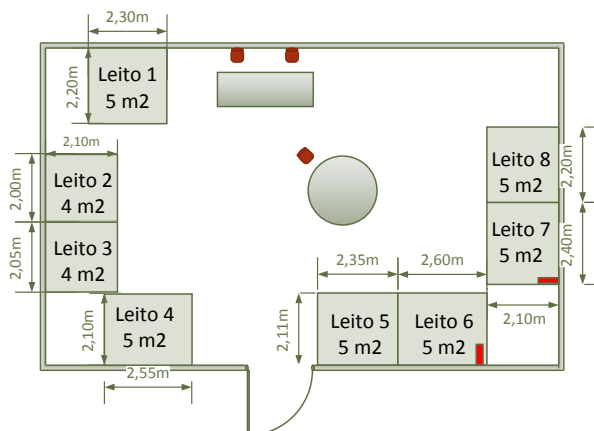


Elaboração própria (2015)

4.2 ETAPA 2 E 3. ANÁLISE DO CENÁRIO E DOS DADOS

Apresentam-se juntamente as etapas 2 e 3 da metodologia, já que os dados coletados na etapa 2 precisam da análise da etapa 3 para se poder extrair as evidências perseguidas com a aplicação da metodologia.

Figura 10: Modelagem da infraestrutura



Retângulo vermelho representa plataforma usada para coleta de parâmetros ambientais.

Elaboração própria (2015)

Assim como descrito na metodologia no capítulo 3, os resultados dividiram-se seguindo os métodos utilizados para a coleta dos dados em cada domínio.

4.2.1 Aplicação da análise heurística

Como primeira parte da etapa 2, foi realizada a análise heurística para cada uma das bombas de infusão de seringa, peristáltica e para os ventiladores pulmonares presentes na UTI dos três hospitais do estudo de caso. Estes hospitais pertencem à rede da Secretaria de Saúde de Santa Catarina e, devido a um contrato de locação, todos possuem o mesmo modelo de bomba de infusão, desse modo realizou-se somente uma análise para estes equipamentos, ao contrário dos ventiladores, que apresentam modelos diferentes em cada hospital.

No Quadro 3, resume-se os resultados da análise da bomba de infusão peristáltica. Foram identificados 10 problemas de usabilidade quanto ao *design* deste equipamento. Classificando-os por lugar de ocorrência, eles se dividem em igual quantidade entre a parte física externa do equipamento e falhas na configuração do *software*.

Os problemas 1 ao 4 referem-se ao transporte e instalação, e estas deficiências podem ocasionar a quebra do equipamento, o que impediria seu uso. Os problemas numerados como 5 e 6 apontaram uma deficiência quanto ao procedimento seguinte, da colocação do equipamento com medicamento, o que não é um problema que possa deixar fora de uso o equipamento, mas a solução pouco intuitiva pode levar o usuário a irritar-se. Se ocorrer um erro correspondente aos problemas 7 e 9, o usuário pode ficar confuso e ser incapaz de resolvê-lo, devido à falta de informação do equipamento, resultando na incapacidade de continuar com a medicação. Quanto ao 8 e 10, são problemas de mensagens importantes sobre o estado da bomba, o que é necessário que o usuário conheça.

Todos esses problemas são melhor descritos no Quadro 3, onde também são apresentadas as violações heurísticas que foram identificadas.

Quadro 3: Resultado da Análise Heurística da Bomba Peristáltica

| | Lugar de ocorrência | Problema de usabilidade | Heurística violada |
|---|-----------------------------------|---|------------------------------------|
| 1 | Hardware, sensor de gotas | O sensor de gotas não oferece informação de como se deve posicioná-lo. Devido a isso, o usuário o está quebrando, o que impede seu uso | Memória, <i>feedback</i> , erro |
| 2 | Hardware, sensor de gotas | Primeiro suporte de equipamento que não fixa a mangueira no lugar, porém ainda assim funciona | Eficiência |
| 3 | Hardware, asa | A asa é incômoda para transporte, o que pode ocasionar quedas, o que inutilizaria o equipamento | <i>Match</i> , Controle |
| 4 | Hardware, união com outras bombas | Ao serem usadas várias bombas em uma mesa, estas podem ser engatadas, mas o procedimento é complicado e não intuitivo. Poderia resultar em quedas, já que o equipamento não está seguro | Consistência, minimalista, memória |
| 5 | Hardware, porta do equipo | Botão para abertura de porta pode dar complicações, já que se não fechar na primeira tentativa trava-se e deve-se apertar novamente, o que não é intuitivo para o usuário | Consistência, erro |

Continua na seguinte página

Quadro 3 – Resultados Análise Heurística da Bomba Peristáltica

| | Lugar de ocorrência | Problema de usabilidade | Heurística violada |
|----|---------------------|---|---|
| 6 | Software | Embora se resolva o problema de “porta aberta” a mensagem de erro não desaparece, só desaparece depois de apertar duas vezes o botão de alarme | Consistência, memória, <i>feedback</i> , mensagem, erro |
| 7 | Software | Quando o sensor de gotas está desconectado, o alarme pisca, mas não há mensagem do que acontece. O usuário poderia não encontrar a causa do erro | Consistência, memória, <i>feedback</i> , mensagem, erro |
| 8 | Software | Ao ligar o equipamento faz um auto-teste, que não dá informações sobre o estado da bomba | Consistência, <i>feedback</i> , mensagem |
| 9 | Software | Alarme de ausência de gotas desaparece ao silenciar o alarme, embora não seja corrigido o problema | <i>feedback</i> , mensagem, erro |
| 10 | Software | Não mostra que o equipamento está trabalhando com bateria nem seu estado, o que pode gerar uma indisponibilidade de fornecimento de energia em caso de falhas na eletricidade | <i>feedback</i> , mensagem, erro |

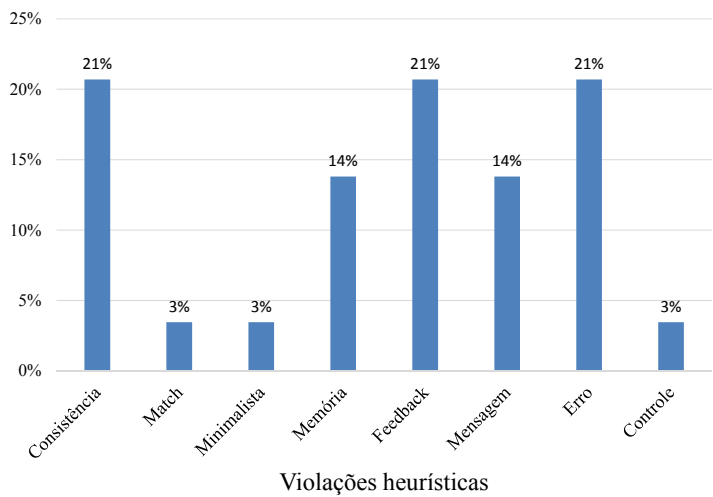
Quanto às violações heurísticas identificadas, são ressaltadas as de consistência, *feedback* e erro, como se vê na Figura 11. É preocupante que cerca de 21% das violações sejam de erro, o que indica que o *design* não previne o aparecimento deste e que pode causar um funcionamento inadequado do equipamento, influenciando na segurança do paciente.

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise da bomba de seringa utilizada em H1 e H3. Foram encontrados 8 problemas de usabilidade. Os itens 1 e 2 refletem problemas na fixação de bombas para uso em mesa, este procedimento não é simples, o que coloca o equipamento em risco de quedas e, por conseguinte, gera indisponibilidade. Em referência à interface e ao *software* (3, 4 e 5), alguns botões não estão claramente identificados, o que pode dificultar seu uso.

O problema 6 apresenta o risco latente de que o paciente não receba a medicação adequadamente, o que pode desencadear um evento

adverso. As deficiências descritas nos itens 7 e 8 são importantes desvios no procedimento de uso. Para o primeiro, tem-se uma mensagem confusa que resultaria na ideia de mal funcionamento do equipamento e na segunda têm-se duas abordagens para o mesmo evento, confundindo o usuário e fazendo com que ele acredite que a medicação não foi completamente infundida e, por conseguinte, abra um reporte de falha.

Figura 11: Porcentagem de heurísticas violadas na bomba peristáltica



No Quadro 4 descreve-se melhor os problemas encontrados.

Quadro 4: Resultado da Análise Heurística da Bomba de Seringa

| | Lugar de ocorrência | Problema de usabilidade | Heurística violada |
|---|---------------------|---|--|
| 1 | Hardware, fixação | Para a montagem da bomba em mesa, tem-se que colocar uma bomba acima da outra, isso por meio da alça. O procedimento de encaixar não é tão simples. Isto pode levar à montagem ficar solta e que a bomba de cima possa cair | Consistência, memória, erro, <i>feedback</i> |

Continua na seguinte pagina

Quadro 4 – Resultado da Análise Heurística da Bomba de Seringa

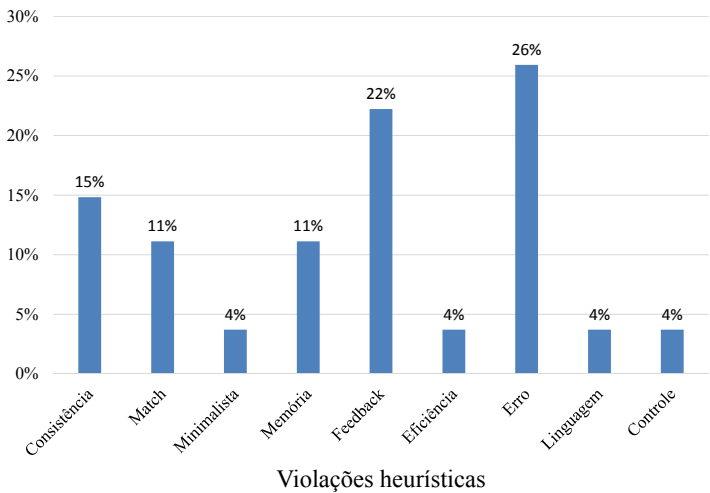
| | Lugar de ocorrência | Problema de usabilidade | Heurística violada |
|---|------------------------|--|---|
| 2 | Hardware, fixação | Para a montagem em mesa existe um parafuso que gira e trava. Este giro não é óbvio à primeira vista, o que pode fazer com que a montagem seja insegura | Consistência, memória, erro |
| 3 | Hardware, interface | O botão bolus não está claramente identificado, além disso, para sua utilização é preciso pressioná-lo duas vezes. 1 pressão rápida e 1 continua | Consistência, memória |
| 4 | Hardware, interface | Os botões disponíveis para inserir as taxas podem ser confusos | Minimalista |
| 5 | Software, configuração | Na configuração da taxa de volume/tempo a tecla validação registra o acrônimo OK e permite movimentar-se pelas opções. É confuso que esta seja a função de deslocamento, talvez poderia ser mudado o ícone | <i>Match</i> , erros |
| 6 | Software, configuração | Ao cumprir o tempo de pausa estabelecido, o equipamento não começa a infusão, para isso é necessário que se pressione o botão de validação. Isto pode levar o paciente a ficar sem o medicamento | Consistência, erro |
| 7 | Software, alarme | Alarme pré-fim da infusão (5 minutos antes do final do alarme de infusão ou 10 % da capacidade total da seringa) pode gerar confusão em relação ao término de medicamento, embora ainda exista na seringa | Consistência, memória, <i>feedback</i> , mensagem, erro |

Continua na seguinte pagina

Quadro 4 – *Resultado da Análise Heurística da Bomba de Seringa*

| | Lugar de ocorrência | Problema de usabilidade | Heurística violada |
|---|---------------------|--|---------------------------------------|
| 8 | Software, alarme | Antes de finalizar a infusão tem-se dois alarmes, um pré-alarme, ativado em 10% da capacidade total da seringa; e o alarme de fim infusão, ativado quando a seringa está vazia. Como resposta tem-se duas abordagens diferentes. A primeira é só silenciar o pré-alarme de infusão e ignorar o botão de validação, desse modo, ao se ativar o alarme de fim de infusão, tem-se que apertar o botão de validação para continuar infusão. A outra abordagem é silenciar o pré-alarme e apertar o botão de validação, desse modo, o medicamento é infundido até o final | Consistência, memória, feedback, erro |

Figura 12: Porcentagem de heurísticas violadas na bomba de seringa



A Figura 12 apresenta os resultados quanto às violações heurísticas

para a bomba de seringa, neste caso tem-se uma porcentagem de 26 % correspondente a problemas de erros e 22 % correspondente à deficiência de um adequado *feedback* ao usuário, que possa tornar seu uso mais intuitivo.

A seguir são apresentados os resultados da análise dos ventiladores presentes nos 3 hospitais, para este caso, diferenciaram-se 5 modelos diferentes, 2 para o H1, 2 para o H2 e 1 para o H3.

No Quadro 5, observa-se os resultados para o ventilador do modelo 1. A análise heurística evidenciou 9 problemas de usabilidade. Os dois primeiros são complicações importantes, pois ambas impedem o funcionamento, são causadas por algum erro no uso e as mensagens de erro não auxiliam ao usuário para sua solução. O item 3 apresenta um problema que pode resultar em um evento adverso, o fato de o ventilador começar a ciclar desde a última configuração, sem considerar as características do novo paciente é perigoso. Os problemas 4 a 9 descrevem deficiências no *design* do equipamento quanto à informação e manipulação e que podem originar desconforto ao usuário.

Quadro 5: Resultados da Análise Heurística do Ventilador modelo 1

| | Lugar de ocorrência | Problema de usabilidade | Heurística violada |
|---|--------------------------------|--|--------------------------------|
| 1 | Hardware | O processo de colocação do diafragma junto com a válvula de exalação pode ocasionar seu rompimento | Eficiência, erro |
| 2 | Hardware | Existe a possibilidade de colocar o sensor de fluxo na posição errada, o que levaria o ventilador a não funcionar adequadamente | Consistência, eficiência, erro |
| 3 | Software, configuração inicial | O ventilador começa a ciclar com a última configuração de parâmetros ventilatórios, o que não é muito seguro para o paciente que no momento está no ventilador | Consistência, erro, controle |
| 4 | Software | O software do ventilador não guia pelos parâmetros que devem ser configurados em cada modo ventilatório | Memória, <i>feedback</i> |
| 5 | Software, tela | Os parâmetros monitorados são apresentados de uma forma que a tela se torna poluída | Visibilidade, minimalista |

Continua na seguinte página

Quadro 5 – Resultados da Análise Heurística do Ventilador modelo 1

| | Lugar de ocorrência | Problema de usabilidade | Heurística violada |
|---|----------------------------|---|------------------------------|
| 6 | Manual | O manual do equipamento tem muita informação organizada de maneira confusa | Documentação |
| 7 | Software, tela | A função de zoom é de difícil manuseio o que dificulta a visão das ondas na tela do equipamento | Visibilidade, minimalista |
| 8 | Software, configuração | O equipamento não oferece informação sobre o estado dos gases de alimentação | <i>feedback</i> |
| 9 | Software | Há poluição de dados de alarmes passados, o que pode confundir o usuário quanto a estar acontecendo um erro | Mensagem, erro, encerramento |

A Figura 13 representa as violações encontradas referentes às heurísticas. Como nos casos anteriores, o erro tem uma representatividade maior junto com a consistência e o *feedback*. Aqui, faz-se referência ao *feedback*, porque os alarmes e mensagens dadas pelo equipamento não são claros e podem dificultar o desempenho do usuário.

O Quadro 6 apresenta os 4 problemas de usabilidade no ventilador modelo 2 do H1 encontrados depois da análise. Este modelo apresenta uma vantagem em comparação ao anterior, que é a rotina de autoteste inicial, porém, quando ocorre alguma falha no, ele teste não apresenta muita informação, o que pode fazer com que o usuário não consiga resolvê-la. Este equipamento é uma versão mais atual do que o modelo 1, e a quantidade de problemas diminuiu, no entanto, os itens 2, 3 e 4 continuam sem serem resolvidos e apresentam-se novamente nesta análise.

Quadro 6: Resultados da Análise Heurística do Ventilador modelo 2

| | Lugar de ocorrência | Problema de usabilidade | Heurística violada |
|---|----------------------------|--|---------------------------|
| 1 | Software | Erros na rotina de autoteste inicial não são muito informativos e o usuário pode se confundir para solucioná-los | <i>feedback</i> , erro |

Continua na seguinte página

Quadro 6 – *Resultados da Análise Heurística do Ventilador modelo 2*

| | Lugar de ocorrência | Problema de usabilidade | Heurística violada |
|---|----------------------------|---|------------------------------|
| 2 | Hardware | Quando se coloca a válvula de exalação, pode se quebrar o diafragma o que compromete o funcionamento do ventilador | Eficiência, erro |
| 3 | Hardware | Existe a possibilidade de colocar o sensor de fluxo na posição errada, o que levaria o ventilador a não funcionar adequadamente | Eficiência, erro |
| 4 | Software | Há poluição de alarmes passados, o que pode confundir o usuário quanto a estar ocorrendo um erro | Mensagem, erro, encerramento |

A Figura 14 mostra as violações heurísticas para o modelo 2 de ventilador. Vê-se claramente uma predominância do erro que está presente nos 4 problemas identificados. Assim, embora seja um modelo mais atual, os problemas básicos e mais perigosos não foram solucionados.

No H2 são usados dois modelos diferentes de ventilador do mesmo fabricante, porém, tanto a parte física externa como o *software* de controle é praticamente o mesmo, com mínimas variações, assim, a análise heurística para estes equipamentos foi unida, mostrando os resultados no Quadro 7.

Depois da análise, foi encontrado um problema mínimo quanto ao *hardware*, uma confusão quanto ao botão de liga/desliga, o que não afeta o funcionamento do equipamento, e não foram identificados desvios no *design* que possam levar a erros. Este resultado será conferido na etapa seguinte da coleta de dados em campo.

Quadro 7: Resultados da Análise Heurística Ventilador modelos 3 e 4

| | Lugar de ocorrência | Problema de usabilidade | Heurística violada |
|---|----------------------------|---|---------------------------|
| 1 | Hardware | Botão de início e pausa de ventilação pode ser confundido com a função de ligar o ventilador. | Match, consistência |

Figura 13: Porcentagem de heurísticas violadas no ventilador do modelo 1

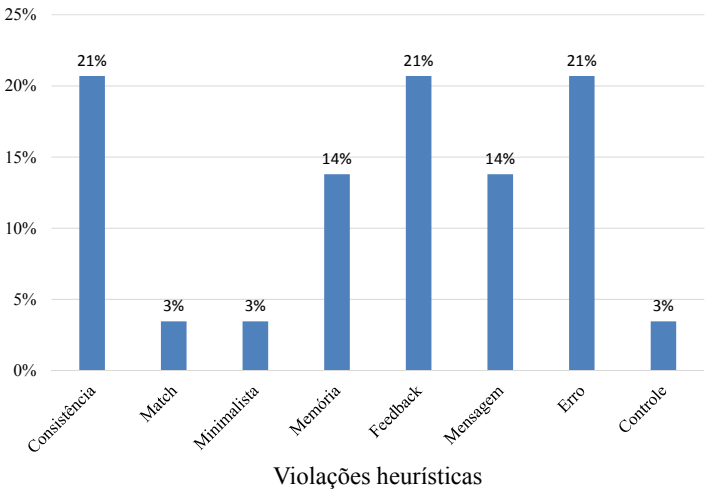
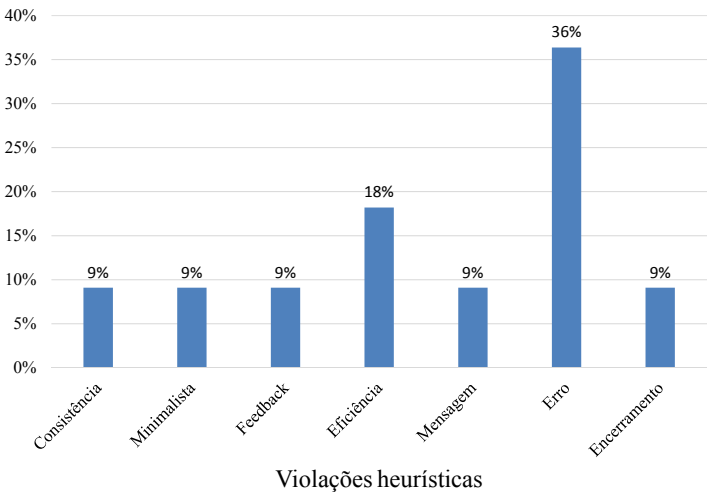


Figura 14: Porcentagem de heurísticas violadas no ventilador do modelo 2



Por último, apresenta-se a análise do modelo 5 do ventilador correspondente ao H3. O Quadro 8 mostra os 7 problemas encontrados. Por ser um ventilador mais antigo e, em maior proporção, mecânico,

encontraram-se problemas quanto à linguagem, *design* inadequado de botões, procedimentos não intuitivos e tela com pobre resolução, fator que dificulta a visualização.

Quadro 8: Resultados da Análise Heurística do Ventilador modelo 5

| | Lugar de ocorrência | Problema de usabilidade | Heurística violada |
|---|----------------------------|--|-----------------------------------|
| 1 | Hardware, painel frontal | Todas as opção de configuração de parâmetros e alarmes estão em inglês | Consistência, memória, linguagem |
| 2 | Hardware, painel frontal | Botões para configuração complicados de usar pelo tamanho e localização | Minimalista, eficiência, controle |
| 3 | Hardware | Quando se coloca a válvula de exalação pode se quebrar o diafragma, o que compromete o funcionamento do ventilador | Eficiência, erro |
| 4 | Hardware, painel frontal | Equipamento precisa memorizar o procedimento de configuração de parâmetros, já que a interface é confusa e pouco intuitiva | Memória, <i>feedback</i> , erro |
| 5 | Hardware, tela | Botões da tela sem indicação linguística, o que torna confusa a utilização | Consistência, erro |
| 6 | Software, tela | Deslocamento pelas opções da tela é complicado e pouco intuitivo | Minimalista, eficiência, erro |
| 7 | Software, tela | As letras e gráficos da tela são de difícil visualização | Visibilidade, eficiência |

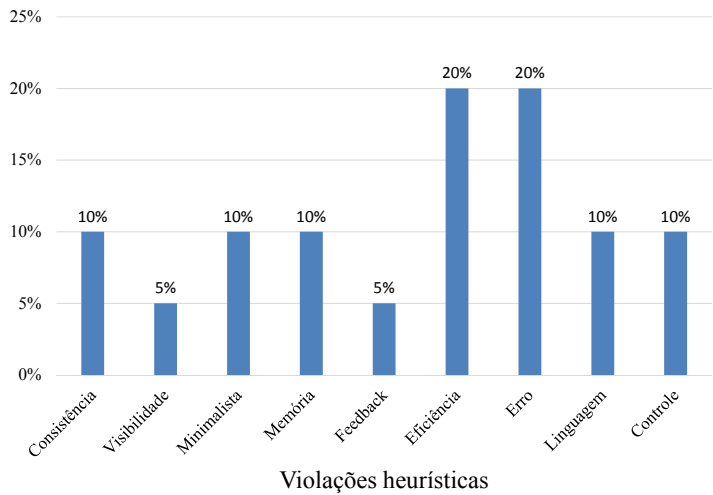
A Figura 15 apresenta as heurísticas violadas no ventilador do modelo 5, com predominância das heurísticas erro e a eficiência, devido à antiguidade do equipamento.

Uma vez reconhecidos estes problemas de usabilidade, aplicou-se o *shadowing*, dando especial atenção aos problemas citados.

4.2.2 Aplicação do *Shadowing*

Para a aplicação deste método, acompanhou-se a rotina das UTIs por 36 horas em cada um dos hospitais. Coletaram-se dados qualitativos referente a todos os eventos, tarefas e problemas observados que, por sua vez, foram classificados em três categorias: tecnologia, infraestrutura e recursos humanos. Depois da coleta de dados, realizou-se a análise de acordo com o especificado na etapa 3 da metodologia, o que permitiu gerar evidências quanto aos erros com mais ocorrência dentro do cenário estudado.

Figura 15: Pocentagem de heurísticas violadas no ventilador do modelo 5



O Quadro 9 apresenta os resultados da análise do domínio dos recursos humanos. Observa-se que nos itens 1B e 1C, dos Hospitais 1 e 2, encontraram-se dificuldades na colocação dos sensores de gotas da bomba de infusão peristáltica. Estes sensores são colocados de tal maneira que não permitem a queda da gota, o que gera um alarme; como o usuário não sabe que o está colocando de modo incorreto, não consegue resolver os alarmes que se originam. Pelo contrário, no H1, embora não existam problemas com a colocação dos sensores de gotas, o usuário não compreende as mensagens de alarmes das bombas de infusão. Mesmo com estes resultados, os usuários entrevistados neste hospital argumentaram não terem problemas com qualquer equipamento.

O item 2A refere-se aos erros observados na configuração do tipo de paciente, ou seja, pacientes pediátricos e neonatais foram monitorados com limites de alarmes correspondentes a adultos. Este é um perigo, ante qualquer instabilidade que possa apresentar o paciente.

Para o H2, observa-se que os alarmes são muitas vezes ignorados, conforme foi verificado ao longo do acompanhamento, pois os usuários parecem estar acostumados a eles, por estes serem constantes. Viu-se também que os alarmes devem-se majoritariamente à movimentação dos pacientes, o que explicaria a razão de o corpo clínico não estar muito atento. Em contraste, quando os alarmes são atendidos, não se lê atentamente a mensagem que explica o motivo do alarme, passando a silenciá-los sem tentar resolver os problemas. Uma maior atenção se dá somente a partir da terceira repetição do alarme (itens 2B e 3B).

No H3, os usuários mostram-se desconfortáveis com a quantidade de alarmes que emitem os equipamentos. Embora a tecnologia presente esteja disponível para ajudá-los, eles não a percebem deste modo.

Quadro 9: Resultados *Shadowing*. Categoria Recursos humanos

| | Hospital 1 | | Hospital 2 | | Hospital 3 |
|----|---|----|---|----|---|
| 1A | Usuário não entende as mensagens de alarme das bombas de infusão peristáltica | 1B | Contínuos problemas quanto à colocação e resolução de problemas com os sensores de gotas das bombas peristálticas | 1C | Contínuos problemas quanto à colocação e resolução de problemas com os sensores de gotas das bombas peristálticas |
| 2A | Erros em configuração de tipo de pacientes monitorados | 2B | Usuário suspende som de alarmes, mas não os resolve | 2C | O usuário mostra estar desconfortável com os constantes alarmes dos equipamentos que não relatam problemas com o paciente, mas somente indicam sua movimentação |

Continua na seguinte página

Quadro 9 – *Resultados Shadowing RH. Continuação*

| | Hospital 1 | | Hospital 2 | | Hospital 3 |
|----|--|----|---|----|---|
| 3A | Em geral, o corpo clínico argumenta não ter problemas ao mexer com os equipamentos | 3B | Percebeu-se que o corpo clínico está acostumado a constantes ruídos e não faz muito esforço em atendê-los | 3C | O corpo clínico percebe os equipamentos como um incômodo e não como uma ajuda no trabalho |

Resultados do *shadowing* para o pilar da tecnologia mostram-se no Quadro 10. Os hospitais 1 e 3 usam o mesmo modelo de bomba de seringa e, durante as observações, foi verificada a ocorrência do problema identificado na AH correspondente ao item 7 da Tabela 4 “alarme de pré-fim de infusão” da bomba de seringa. Este alarme constantemente confunde o usuário, passando a impressão de que o equipamento parou de funcionar, o que faz com que a seringa seja tirada do equipamento e complete-se a infusão manual do medicamento ou desligue-se o equipamento sem completar a medicação.

Outra dificuldade observada está relacionada ao item 9 da AH (Quadro 3); o usuário ante alarmes de “ausência de gotas” da bomba peristáltica, silencia-os e, como a mensagem desaparece, ele acredita que foi resolvido, mas o alarme volta a aparecer, originando o descontentamento do usuário. Estas observações estão representada nos itens 3A, 3B e 3C. Além do problema encontrado com a AH, o *shadowing* ajudou descobrir um problema recorrente apresentado em 4A, 4B e 4C. Este problema refere-se a bomba que pode ser usada em dois modos: por vazão e por volume, dependendo de configurações no *software*. O usuário parece não diferenciar entre eles e, embora no segundo modo descrito não se precise do sensor de gotas, em todos os casos este é conectado, o que sugere o uso mecânico do equipamento sem sua total compreensão. Somente no caso do H3, observou-se o usuário confuso, sendo que nos demais hospitais usa-se o equipamento como ele estiver configurado.

Como é esperado do cenário de UTI, têm-se alarmes constantes, frequentemente originados pelos sensores soltos pela movimentação dos pacientes (item 2A, 2B e 2C), em geral estes eventos foram resolvidos sem complicações pelo corpo clínico.

A aplicação do *shadowing* permitiu conhecer qual é o tipo de tecnologia com que trabalha o corpo clínico em cada hospital. Para o

caso específico do H2, observou-se que os monitores presentes em cada leito podem ser considerados descontinuados, com ano de fabricação 2004. Este fato é possivelmente a causa de se ter encontrado desvios com respeito à sua operação, o que se considera importante, por poder causar problemas à segurança do paciente. Estas descobertas se descrevem nos itens 1B, 5B e 6B. Estes monitores apresentam a opção de desligar todos os alarmes, opção que é continuamente usada pelo corpo clínico. Esta ação é perigosa, porque tira a função principal do equipamento, que é precisamente monitorar os parâmetros vitais do paciente. Por outro lado, quando o equipamento está com a opção de alarmes ligado e um parâmetro está fora dos limites configurados, nenhum valor é ressaltado, o que dificulta o reconhecimento de qual parâmetro está apresentando problemas. Finalmente, as mensagens de erro que são exibidas não ajudam o usuário na sua resolução, pois são confusas e não direcionam o usuário à causa do problema.

No H3, a presença do equipamento berço aquecido origina irritação ao usuário, devido a um problema gerado pelo sensor de temperatura. O sensor não é usado o que origina alarmes a cada 15 minutos com a impossibilidade de desligá-los.

Em relação aos ventiladores, nos 3 hospitais não observaram-se problemas além de alarmes originados por movimentação do paciente. Porém, ressalta-se que não se teve a oportunidade de observar o ingresso de um paciente e sua conexão ao ventilador. Durante a observação no H3, o uso de ventiladores foi mínimo, reduzindo-se a 2 dias com 1 ventilador cada dia e programado na modalidade CPAP, e não houve complicações.

Quadro 10: Resultados *Shadowing*. Categoria Tecnologia

| | Hospital 1 | | Hospital 2 | | Hospital 3 |
|----|--|----|---|----|---|
| 1A | Alarme da bomba de seringa “pré-fim da infusão” confunde ao usuário quanto ao término do medicamento | 1B | Equipamento permite a suspensão de alarmes e não alerta quando alguns parâmetros estão fora dos limites estabelecidos | 1C | Alarme da bomba de seringa “pré-fim da infusão” confunde o usuário quanto ao término do medicamento |

Continua na seguinte página

Quadro 10 – *Resultados Shadowing. Continuação*

| | Hospital 1 | | Hospital 2 | | Hospital 3 |
|----|---|----|---|----|---|
| 2A | Sensores em crianças pequenas ocasionam constantes alarmes devido à movimentação | 2B | Constantes alarmes devido à movimentação de pacientes | 2C | Constantes movimentações fazem com que se desconectem os sensores e causem alarmes |
| 3A | Quando se tem a mensagem de erro de gotas e silencia-se a mensagem, desaparece o alarme, embora o problema não esteja resolvido | 3B | Quando se tem a mensagem de erro de gotas e silencia-se a mensagem, desaparece o alarme, embora o problema não esteja resolvido | 3C | Quando se tem a mensagem de erro de gotas e silencia-se a mensagem, desaparece o alarme, embora o problema não esteja resolvido |
| 4A | A bomba de infusão apresenta diferentes configurações para seu funcionamento | 4B | A bomba de infusão apresenta diferentes configurações para seu funcionamento | 4C | A bomba de infusão apresenta diferentes configurações para seu funcionamento |
| | | 5B | Mensagens de erros são confusas e não ajudam ao usuário a solucioná-las | 5C | Usuário acostumado a um tipo de configuração, fica confuso quando encontra uma bomba com outra configuração |
| | | 6B | Devido ao <i>design</i> do equipamento, é difícil saber qual é o parâmetro que está com problemas | 6C | Equipamentos de monitoração de oximetria têm diferentes códigos de erros para o mesmo problema |
| | | | | 7C | A presença de vários cabos incomodam a movimentação dos usuários |

Continua na seguinte pagina

Quadro 10 – *Resultados Shadowing. Continuação*

| | Hospital 1 | | Hospital 2 | | Hospital 3 |
|--|------------|--|------------|----|---|
| | | | | 8C | Berços aquecidos geram contínuos alarmes devido à dificuldade do uso do sensor de temperatura |

Finalizando a aplicação do *shadowing*, apresentam-se os resultados do pilar infraestrutura no Quadro 11.

O primeiro problema observado e repetido para o H1 e H2, é a distribuição do espaço. Os serviços possuem 4 salas pequenas, o que dificulta ao corpo clínico a observação de todos os pacientes. O H2 não apresenta uma divisão de salas, porém o tamanho deste serviço favorece também o problema descrito. Somado ao fato de não poder monitorar facilmente todos os pacientes, o problema agrava-se quando aparece algum alarme em um leito distante ao usuário, e o obriga a passar por cada um na procura do equipamento com problemas.

No H2, a quantidade de bombas distribuídas em só duas hastes faz com que o usuário se atrapalhe com a quantidade de sensores de gotas pendurados e isso dificulta a identificação de qual medicamento está sendo controlado por qual bomba de infusão.

Os ambientes em geral são barulhentos, devido à conglomeração de equipamentos, pacientes e corpo clínico. Este fato foi presenciado durante o *shadowing* e verificou-se com a monitoração dos níveis de ruído que se apresentam nas seguintes seções.

Quadro 11: Resultados *Shadowing*. Categoria Infraestrutura

| | Hospital 1 | | Hospital 2 | | Hospital 3 |
|----|---|----|--|----|--|
| 1A | Serviço possui 4 salas, o que dificulta a adequada monitoração de todos os leitos | 1B | A quantidade de leitos e de equipamentos e sua distribuição na sala não permite saber exatamente que equipamento está com alarme | 1C | Serviço possui 4 salas o que dificulta a adequada monitoração de todos os leitos |

Continua na seguinte página

Quadro 11 – *Resultados Shadowing. Continuação*

| | Hospital 1 | | Hospital 2 | | Hospital 3 |
|----|---|----|--|----|--|
| 2A | A distribuição do serviço dificulta identificar o leito e o equipamento que apresenta alarmes | 2B | Devido à quantidade de bombas, o corpo clínico se atrapalha com todos os sensores pendurados | 2C | A distribuição do serviço dificulta identificar o leito e o equipamento que apresentam alarmes |
| 3A | Ambiente barulhento devido a alarmes de equipamentos | 3B | Ambiente barulhento devido a conversações do corpo clínico e alarmes de equipamentos | 3C | Ambiente barulhento devido ao ruído dos pacientes e constantes alarmes dos equipamentos |
| | | | | 4C | Existem 4 leitos por sala, e como elas são pequenas, isso dificulta a movimentação do pessoal |

4.2.3 Aplicação de questionários

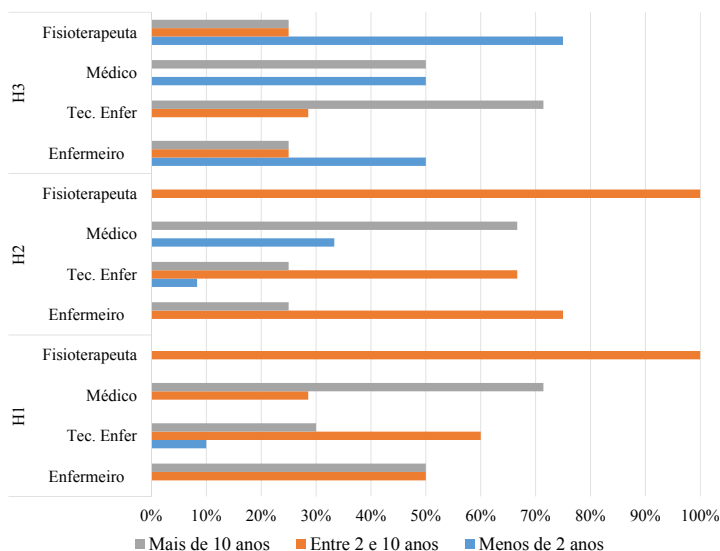
Nesta seção, apresentam-se as respostas do questionário aplicado a 62 usuários, e disponível no Anexo 2.

Questionou-se os usuários acerca da sua experiência na UTI. A Figura 16 apresenta uma comparação entre os 3 hospitais. Dentre todos os entrevistados, o corpo clínico do H1 tem só o 10% de pessoal relativamente novo, com menos de 2 anos de experiência. Todos os médicos entrevistados são experientes e têm mais de 10 anos no serviço, os médicos que têm menos de dois anos de serviço são residentes. O H3 têm os médicos e fisioterapeutas menos experientes, porém não apareceram problemas no ventilador relacionados ao pouco uso, conforme foi identificado na aplicação do *shadowing*.

Conforme se pode observar na Figura 16, o pessoal não é inexperiente, e ainda assim observaram-se os problemas descritos nas seções anteriores. Isso pode ser devido às bombas de infusão serem equipamentos novos, com menos de 1 ano de uso. Os ventiladores, em todos os hospitais, estão sendo utilizados por mais de 2 anos, o que pode ser o motivo de poucos problemas, adicionado ao fato de que os médicos e

fisioterapeutas que os usam serem mais experientes.

Figura 16: Anos de experiência do corpo clínico na UTI



A Figura 17 expressa a frequência de uso dos equipamentos. Vê-se que o equipamento mais usado nos três hospitais é a bomba de infusão, isto se justifica devido à quantidade de medicação que é administrada por paciente. Porém no H3 este uso diminui, sendo que neste hospital cada leito apresenta só uma bomba, em contraste com os outros hospitais que têm uma quantidade maior.

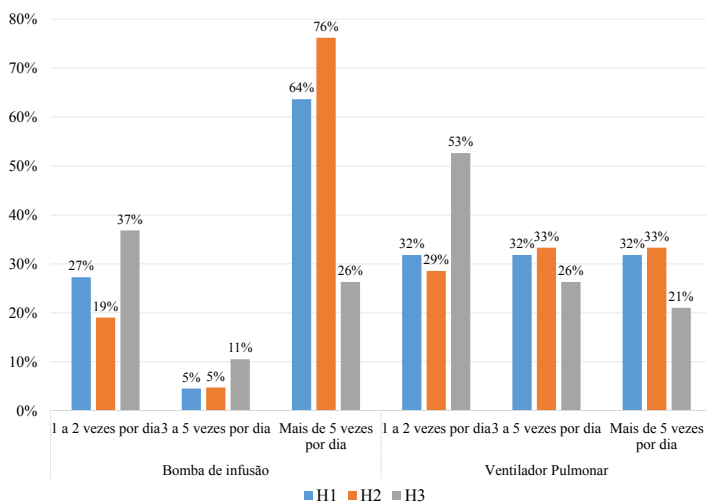
No caso do ventilador, sua frequência de uso é distribuída quase uniformemente. Este resultado deve-se à variedade de profissionais questionados, por isso, na Figura 18, discrimina-se entre as profissões para se ter uma melhor compreensão deste cenário.

O médico e o fisioterapeuta são aqueles que mais usam o ventilador, porém no H3 esta frequência diminui, novamente devido ao fato observado de que nesta UTI o ventilador é pouco usado. O cenário inverte-se para o uso da bomba de infusão, visto que são os técnicos de enfermagem e as enfermeiras quem mais usam este equipamento.

Passando ao seguinte questionamento, apresenta-se a tendência de treinamento para estes dois equipamentos na Figura 19. Para a bomba de infusão, os médicos e os fisioterapeutas dos três hospitais não receberam treinamento (exceto o fisioterapeuta do H2), o que é

esperado, já que não figura entre suas funções a configuração deste equipamento, o que é responsabilidade das enfermeiras e técnicos de enfermagem. Porém, embora seja responsabilidade destes profissionais, vê-se com preocupação que no H1 a porcentagem de técnicos de enfermagem não treinados é de 50%, e o mesmo caso ocorre para os enfermeiros no H3.

Figura 17: Frequência de uso da bomba de infusão e do ventilador

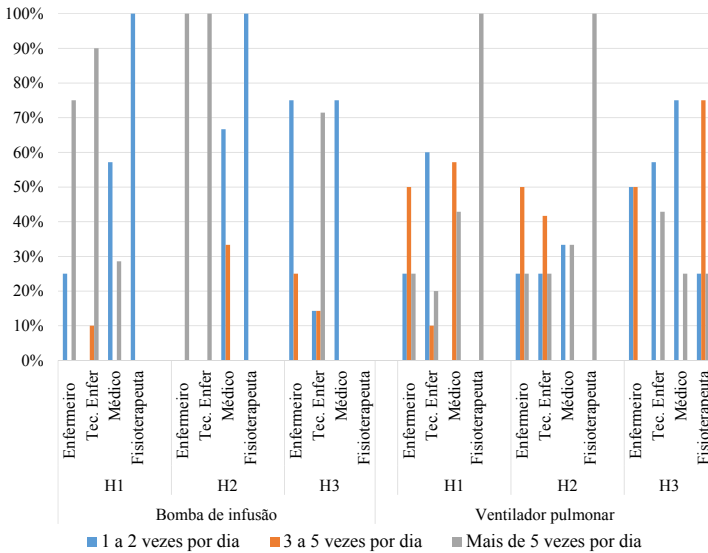


Apesar do fato de o treinamento ser menor para os técnicos no H1, este é o hospital que menos apresentou problemas com as bombas de infusão, ao contrário do H2 e H3 que, embora tenham porcentagens maiores de treinamento (em média 80%), os erros observados na etapa anterior foram maiores. Estes resultados podem sugerir que o treinamento não está sendo adequado e não dá prioridade ao fator humano, sendo um repasse de informações mecânicas.

De outro lado, todos os médicos e fisioterapeutas dos três hospitais responderam terem recebido treinamento acerca do ventilador pulmonar que, sendo um equipamento de alta complexidade, é esperado que haja este cuidado para sua utilização.

Seguindo com a questão do treinamento, foi questionado como este é feito. As respostas são apresentadas na Figura 20, sendo que aproximadamente 80 % do treinamento é dado com demonstrações práticas.

Figura 18: Frequência de uso dos equipamentos distribuido por profissional

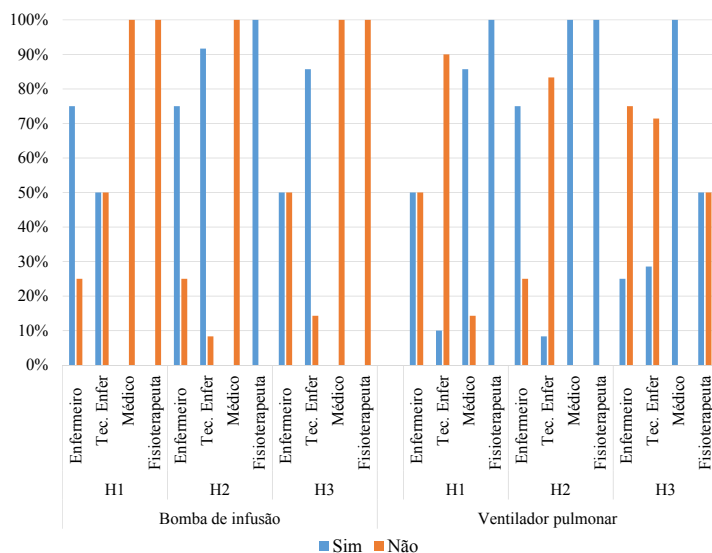


Devido à ocorrência de erros, é plausível repensar se esta é a melhor abordagem para as capacitações de novos equipamentos.

Por meio da pergunta seguinte, procura-se conhecer qual é a posição do usuário em relação à presença de novas tecnologias em seu local de trabalho, sendo que ele depende delas para a maioria de suas atividades. Na Figura 21, observa-se que as respostas são afirmativas quanto à satisfação do usuário quanto às tecnologias e que ele também procura aprender sobre elas. Este é um fato interessante para o fator humano, porque transmite a ideia de que o usuário não é relutante frente à tecnologia e as medidas tomadas para melhorar o *design* dos equipamentos podem ser bem recebidas.

Questionou-se que estado de ânimo origina o uso dos equipamentos, isto para saber se de alguma forma o *design* está causando incômodo ao usuário. A Figura 22 mostra que no H1 e H3 nenhum enfermeiro e técnico de enfermagem respondeu sentir-se confuso quanto à operação da bomba de infusão; já para o H2, 10% dos técnicos de enfermagem argumentaram sentirem-se confusos, assim como 25% da equipe de enfermagem, era esperado um resultado maior devido aos erros encontrados neste equipamento. Em contraste, uma alta porcentagem de médicos e fisioterapeutas mostrou-se desconfortável e confusa

Figura 19: Porcentagem de usuários treinados na bomba de infusão e no ventilador



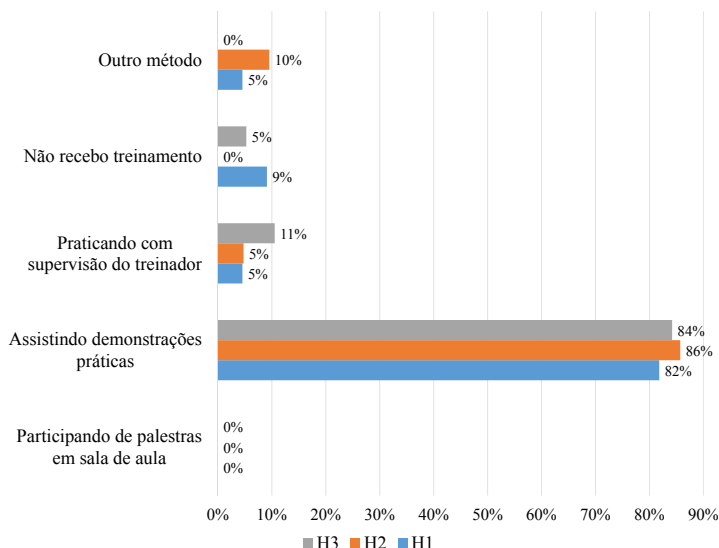
com este equipamento. Presumia-se este fato, já que eles não receberam treinamento.

Continuando com a mesma pergunta, mas agora em relação ao ventilador pulmonar, a Figura 23 apresenta os resultados. Aqui, todos os médicos e fisioterapeutas, encarregados de utilizar o ventilador, responderam sentir-se tranquilos. Este cenário valida o que viu-se no *shadowing* com uma menor ocorrência de problemas com os ventiladores. Percebeu-se, de modo contraditório, que 75% dos enfermeiros no H1 e H2 e 50% no H3, assim como 70% dos técnicos de enfermagem no H3 disseram sentir-se tranquilos quanto ao ventilador, considerando que sua interação é mínima e a grande maioria não recebeu treinamento. Provavelmente esses desvios de devam ao receio de que suas respostas transmitam uma percepção errada sobre seu próprio desempenho.

Parte deste projeto de pesquisa é a monitoração dos parâmetros ambientais de temperatura, umidade, luminosidade e ruído nas UTIs avaliadas. Os resultados destas medições apresentam-se na seguinte seção, porém pretendeu-se descobrir como o usuário percebe a presença destes parâmetros. As respostas são apresentadas na Figura 24. O usuário percebe que tanto a temperatura, quanto a umidade e a lumi-

nosidade são aceitáveis dentro de seu serviço; menos do 10% respondeu que a temperatura e a umidade são altas, muito altas ou baixas. Por outro lado, as respostas quanto à luminosidade variaram no H1 e H3, nos quais aproximadamente 30% dos usuários a considerou alta.

Figura 20: Tipo de treinamento recebido pelo usuário



Com relação ao ruído têm-se que nos três hospitais este parâmetro é identificado fora de níveis aceitáveis. No H1, aproximadamente 50% respondeu que o ruído é alto e cerca de 35% muito alto; no H2, o ruído foi classificado como muito alto por 43% e 38% classificaram como alto; e, por último, no H3, 32% classificou o ruído como muito alto e 42% como alto. Todas estas afirmações corroborarão-se na seguinte seção com os valores mensurados a partir dos sensores colocados no cenário.

Para a última pergunta do questionário pediu-se a opinião dos usuários quanto aos efeitos dos parâmetros ambientais, utilizando 6 questões tipo Likert. Para o tratamento destes dados, realizou-se a técnica do Ranking Médio (RM), quando o RM estiver mais próximo de 5 maior será o nível de concordância da pergunta, os resultados são mostrados na Figura 25. O item mais aceito é que a iluminação garante condições satisfatórias para os três hospitais; e o usuário também concordou que o ruído do ambiente o incomoda e que tem um impacto negativo no seu trabalho.

Figura 21: Comportamento do usuário ante novas tecnologias

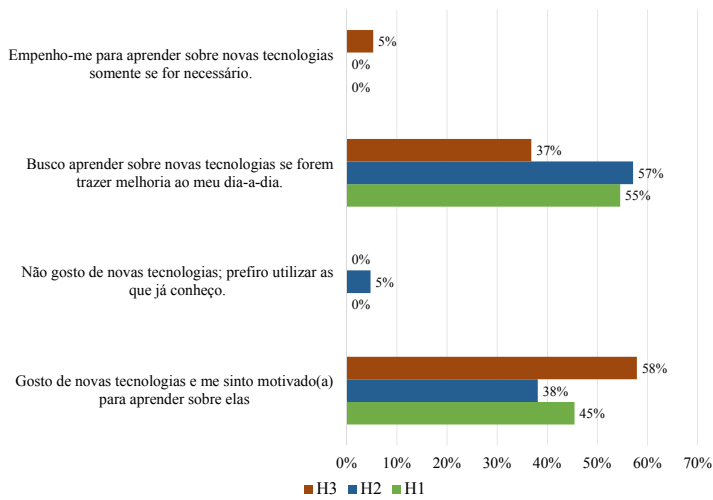


Figura 22: Sentimento causado ao usuário pelo uso da bomba de infusão

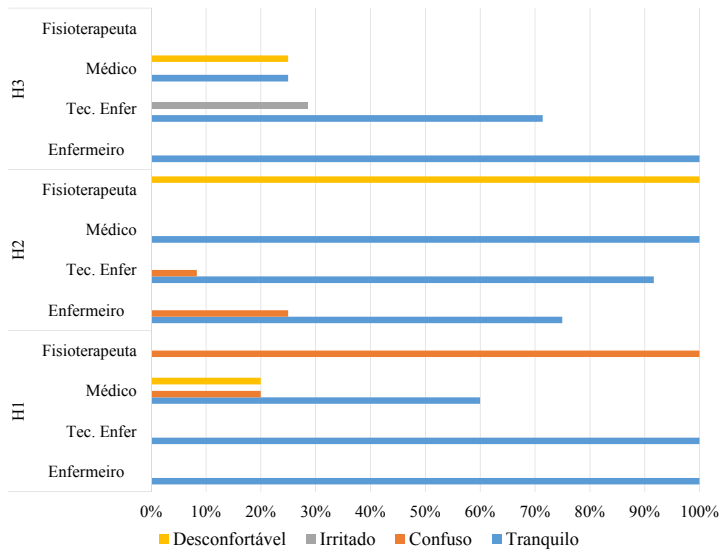


Figura 23: Sentimento causado ao usuário pelo uso do ventilador pulmonar

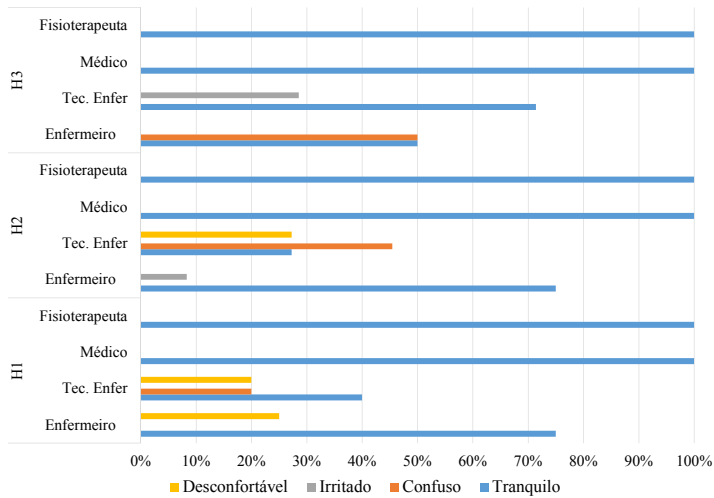
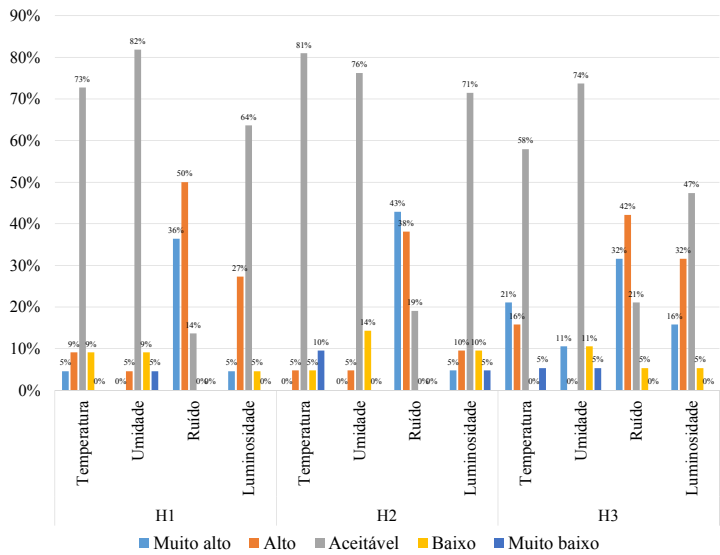


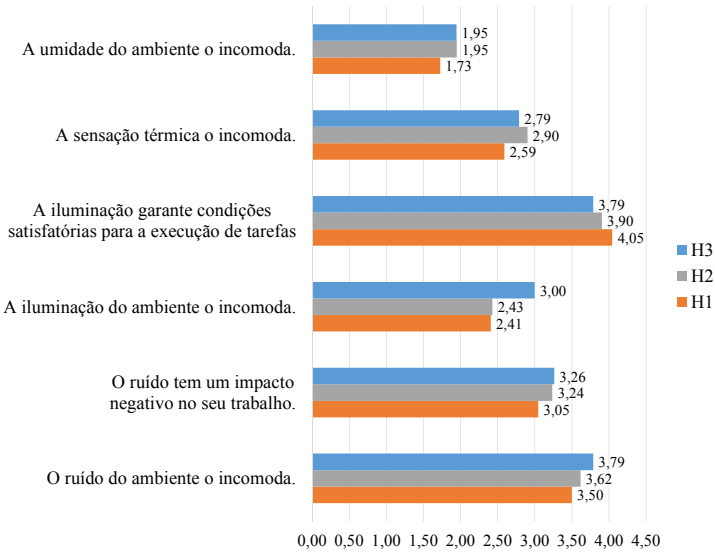
Figura 24: Percepção dos usuários quanto aos parâmetros ambientais



4.2.4 Aplicação da monitoração de parâmetros ambientais

Para a monitoração dos parâmetros ambientais, foi utilizada uma plataforma que integra os sensores necessários coletar os dados de temperatura, umidade, luminosidade e ruído. Esta plataforma, da marca *Smart Citizen*, possui *hardware* e *software* livre e está baseada em tecnologia Arduino. Ela permite obter dados úteis e compreensíveis; e assim, gerar uma base de dados para pesquisa. Apresenta como características a capacidade de calibração dos sensores, o menor consumo de energia e a maior usabilidade na programação e utilização.

Figura 25: Opinião dos usuários sobre o efeito dos parâmetros ambientais



Realizou-se a medição com o mesmo tempo estabelecido no *shadowing* (período de 6h durante 6 dias). Em cada leito foram realizadas duas medições em dias diferentes e no mesmo horário. Todos os gráficos correspondentes a estas medições são apresentados no Anexo D. Nesta seção descrevem-se os resultados do tratamento da grande quantidade de dados numéricos gerados pela plataforma. Esta análise incluiu a obtenção da média, desvio padrão, valor máximo e valor mínimo. O tratamento dos dados gerou tendências do comportamento dos parâmetros ambientais durante a monitoração. Apresenta-se também, a porcen-

tagem de valores adequados segundo as normas sobre ambientes hospitalares. Estes resultados foram divididos por parâmetro ambiental (temperatura, umidade, luminosidade e ruído) e mostrados para cada um dos três hospitais.

4.2.4.1 Resultados de medições de temperatura

A norma ABNT NBR 2756/2005 estabelece os valores normais de temperatura dentro da UTI, que vão de 21°C a 24°C, e na UTIN, que vão de 22°C a 26°C. Seguindo estes parâmetros normativos, foram elaboradas as tabelas com os resultados para cada hospital.

O sensor de temperatura usado na plataforma é o HTU21D, que é um sensor digital de umidade e temperatura, com uma faixa de operação de -40°C a +125°C. A resolução é de 0,01 e precisão de $\pm 0,3$.

Como foi descrito na seção do *shadowing*, o H1 têm três salas, nas quais estão distribuídos os leitos. As medições foram feitas para duas salas que apresentaram o maior número de leitos usados. Neste hospital foi avaliado também o serviço de UTI neonatal (UTIN), para assim poder completar a quantidade de leitos que foram considerados na amostragem. A UTIN é uma sala de grande porte, e nesta foram medidos os parâmetros em dois leitos diferentes, sendo que a coleta dos dados foi realizada durante o mês de agosto.

Os valores resultantes estão na Tabela 4. Observa-se que, na sala 1, os valores adequados variam de dia para dia; o que não é o caso da sala 2 e da UTIN, isto porque estes ambientes têm a presença de um ar condicionado que permite uma melhor regulação da temperatura. Vê-se também que para a sala 1 e 2 mais de 88% dos dados estão acima do limite superior.

A UTI do H2 é composta por uma sala de grande porte e para a medição se consideraram os leitos 1, 6 e 7. O processamento dos valores mostram-se na Tabela 5 e como neste hospital foi analisado somente o serviço de UTI, os valores de temperatura foram considerados entre 21°C e 24°C, com estes limites variando de leito para leito e de dia para dia. Este serviço tem um sistema de ar condicionado com maior incidência nos leitos 6 e 7, o leito 1 se encontra mais afastado, logo a temperatura neste leito é maior e aproximadamente 80% dos valores ultrapassam os 24°C.

Por último, no H3 foi avaliado um serviço de UTIN e os valores adequados neste cenário estão na faixa de 22°C a 26°C. Este serviço apresenta 4 salas, sendo duas de cuidados intensivos, a terceira de cui-

Tabela 4: Tendência da temperatura mensurada para o Hospital 1

| | Sala 1 | | Sala 2 | | UTIN Leito 7 | | UTIN Leito 6 | |
|-----------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 | Dia 7 | Dia 8 |
| Média | 25,29 | 25,84 | 25,97 | 25,71 | 23,64 | 24,05 | 24,19 | 24,38 |
| Desv. Padr. | 0,78 | 0,59 | 0,67 | 0,58 | 0,75 | 0,97 | 0,78 | 0,39 |
| Máx | 25,9 | 26,4 | 26,5 | 26,5 | 24,6 | 25,0 | 24,6 | 24,7 |
| Mín | 21,7 | 23 | 21,5 | 21,9 | 19,4 | 19,0 | 18,2 | 21,7 |
| Adequado ABNT NBR 7256/2005 | 11% | 3% | 3% | 2% | 96% | 96% | 97% | 99% |
| >Lim. Sup. | 88% | 97% | 97% | 98% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| <Lim. Inf. | 0% | 0% | 0% | 0% | 4% | 4% | 3% | 1% |

Tabela 5: Tendência da temperatura mensurada para Hospital 2

| | Leito 1 | | Leito 6 | | Leito 7 | |
|-----------------------------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 |
| Média | 24,92 | 24,53 | 24,82 | 21,13 | 22,38 | 23,30 |
| Desv. Padr. | 1,05 | 0,58 | 0,70 | 1,11 | 1,17 | 0,80 |
| Máx | 26,1 | 25,5 | 25,4 | 22,8 | 23,4 | 25 |
| Mín | 16,7 | 21,6 | 19,3 | 14,3 | 16,3 | 20,2 |
| Adequado ABNT NBR 7256/2005 | 7% | 10% | 4% | 75% | 93% | 91% |
| >Lim. Sup. | 90% | 87% | 95% | 0% | 0% | 7% |
| <Lim. Inf. | 2% | 0% | 1% | 20% | 7% | 1% |

dados intermediários e a última um berçário. A análise se focou nas duas primeiras salas, devido à presença de um maior número de equipamentos e da complexidade de tarefas realizadas. Conforme pode ser observado na Tabela 6, com exceção de um dia de medição, mais de 80% dos valores estão acima do limite superior. Isto deve-se a dois fatores observados no *shadowing*: o tamanho da sala e a quantidade de leitos por sala. As duas salas avaliadas são de 4 m² e apresentam 4 leitos cada uma. Ao ser uma UTIN, os pacientes precisam estar submetidos a temperaturas de aproximadamente 30°C, e como é uma sala pequena o ambiente se torna abafado, fato refletido nas altas temperaturas apresentadas.

Extraí-se dos valores apresentados, que as UTIs avaliadas possuem uma temperatura maior em relação à adequada, porém este cenário não reflete as respostas do questionário correspondente à percepção do usuário sobre os parâmetros ambientais (Figura 24). Para o H1 e H2 observa-se que aproximadamente 70% de usuários percebem a temperatura como aceitável, no entanto no H3 esta aceitabilidade diminui, e 18% identifica o ambiente como quente e 20% como muito quente.

Tabela 6: Tendência da temperatura mensurada para Hospital 3

| | Sala 1 | | | Sala 2 | | |
|--|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 |
| Média | 28,70 | 25,82 | 27,18 | 26,20 | 27,20 | 28,06 |
| Desv. Padr. | 0,84 | 1,26 | 0,68 | 0,85 | 0,54 | 0,80 |
| Máx | 29,8 | 27,8 | 27,9 | 26,8 | 27,7 | 28,7 |
| Mín | 24,1 | 20,4 | 22,1 | 19,4 | 22,8 | 23,1 |
| Adequado ABNT NBR 7256/2005 | 2% | 34% | 4% | 9% | 3% | 3% |
| >Lim. Sup. | 98% | 56% | 96% | 82% | 96% | 97% |
| <Lim. Inf. | 0% | 1% | 0% | 1% | 0% | 0% |

Conclui-se que uma diferença de aproximadamente 2°C sobre o valor limite não é significativo para o usuário.

4.2.4.2 Resultados de medições de umidade

O parâmetro de umidade também é regido pela norma ABNT NBR 2756/2005, os valores devem estar entre 40% e 60% de umidade relativa e não se diferencia entre UTI ou UTIN.

O sensor de umidade é o mesmo usado na medição de temperatura, o HTU21D. Sua faixa de operação é de 0 a 100%. A resolução é de 0,04 e a precisão de ± 2 .

Valores resultantes para o H1 mostram-se na Tabela 7 e novamente existem diferenças de adequação entre dois dias diferentes no mesmo leito. Estas variações são devido à presença de umidificadores no ambiente, que permitiram que no primeiro dia de leitura da sala 1 e do leito 7 o valor máximo de umidade fosse de aproximadamente 80% de umidade relativa.

Tabela 7: Tendência da umidade mensurada para Hospital 1

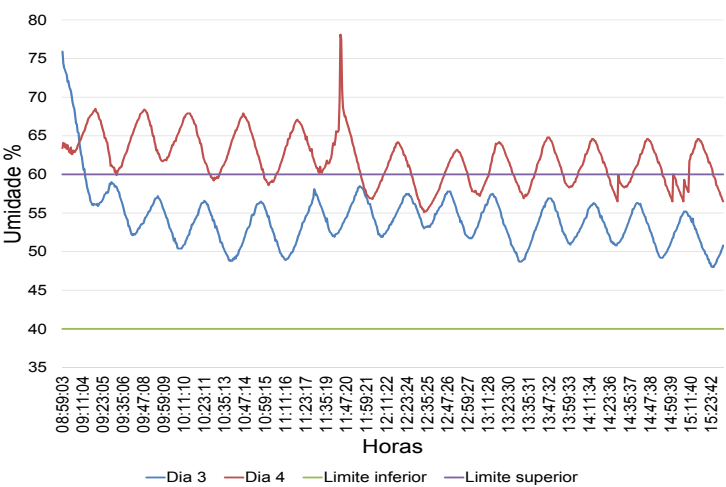
| | Sala 1 | | Sala 2 | | UTIN Leito 7 | | UTIN Leito 6 | |
|--|--------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 | Dia 7 | Dia 8 |
| Média | 65,25 | 57,69 | 59,67 | 49,72 | 66,70 | 56,31 | 56,02 | 56,67 |
| Desv. Padr. | 2,90 | 1,44 | 2,49 | 3,16 | 2,18 | 2,01 | 2,48 | 1,51 |
| Máx | 79,6 | 63,8 | 75,5 | 69,9 | 77,5 | 67,9 | 74,8 | 69,9 |
| Mín | 62,4 | 56 | 57,5 | 48 | 62,8 | 53,4 | 54,3 | 55,1 |
| Adequado ABNT NBR 7256/2005 | 0% | 90% | 78% | 97% | 0% | 96% | 95% | 97% |
| >Lim. Sup. | 100% | 9% | 21% | 3% | 100% | 4% | 5% | 3% |
| <Lim. Inf. | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |

No H2 foram apresentadas menores variações em comparação com o H1 (Tabela 8), porém ainda assim têm-se diferenças entre dois dias. Estes valores são inesperados, pois todos os pacientes são ventilados sem o uso de umidificadores. No entanto, a umidade está sendo influenciada pelo sistema de ar condicionado, o que faz que os valores mudem constantemente e, como resultado, haja um comportamento quase senoidal, como se pode ver na Figura 47, em que se observa valores acima do limite superior.

Tabela 8: Tendência da umidade mensurada para Hospital 2

| | Leito 1 | | Leito 6 | | Leito 7 | |
|-----------------------------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 |
| Média | 41,03 | 53,53 | 54,22 | 62,00 | 59,89 | 55,65 |
| Desv. Padr. | 4,92 | 1,86 | 3,76 | 3,23 | 6,33 | 3,19 |
| Máx | 70,7 | 61,2 | 75,9 | 78,1 | 86,6 | 64,5 |
| Mín | 35,1 | 48,2 | 48 | 55,1 | 49,3 | 49,2 |
| Adequado ABNT NBR 7256/2005 | 60% | 100% | 97% | 39% | 54% | 90% |
| >Lim. Sup. | 1% | 1% | 3% | 69% | 45% | 10% |
| <Lim. Inf. | 45% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |

Figura 26: Tendência da umidade do leito 6 do Hospital 2



Por último, a Tabela 9 apresenta os resultados do H3, onde observa-se uma porcentagem maior, de aproximadamente 70% dentro

dos níveis adequados.

Tabela 9: Tendência da umidade mensurada para Hospital 3

| | Sala 1 | | | Sala 2 | | |
|--|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 |
| Média | 53,99 | 58,00 | 59,12 | 48,86 | 60,22 | 57,78 |
| Desv. Padr. | 4,30 | 3,99 | 3,51 | 3,54 | 2,32 | 3,38 |
| Máx | 76,4 | 79,7 | 78,8 | 73 | 78,1 | 75,7 |
| Mín | 50,1 | 53,6 | 54,6 | 45,4 | 57,1 | 53,5 |
| Adequado ABNT NBR 7256/2005 | 94% | 72% | 74% | 98% | 63% | 87% |
| >Lim. Sup. | 6% | 27% | 24% | 45,4 | 57,1 | 53,5 |
| <Lim. Inf. | 0% | 0% | 0% | 2% | 36% | 13% |

4.2.4.3 Resultados de medições de luminosidade

Para a luminosidade, a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 não define faixas adequadas, mas sim estabelece valores que devem ser mantidos para garantir uma adequada visualização em uma determinada tarefa. Desse modo, a iluminação geral deve ser de 100 lux, para exames simples, de 300 lux e para tratamento, de 1000 lux. Considerando esses valores, são analisados os próximos dados.

A plataforma usa o sensor digital BH1730FVC para a medição da luminosidade e apresenta uma faixa de 0,008 a 65535 lux, com variação mínima de medição de $\pm 15\%$.

Considerando que 100 lux é o mínimo para uma correta visualização das tarefas, vê-se que para o H1 os leitos da sala de UTI estão corretamente iluminados, sendo que nenhum apresenta valores menores a este. Por outro lado, a primeira medição do leito 7 na UTIN apresenta 54% de seus valores menores a 100 lux e uma medida de 12% para o leito 6. Também observa-se que a média é menor neste serviço, isto porque os recém-nascidos precisam de um ambiente tranquilo e com baixa luminosidade, já que a maior parte do tempo estão adormecidos. Observa-se, ademais, que nenhum procedimento realizado garantiu a iluminação de 1000 lux como é recomendável. Efetivamente, no percurso do *shadowing*, não foi observado qualquer procedimento que fosse auxiliado com alguma luz adicional, porém, mesmo assim o pessoal trabalhou sem inconvenientes. Todos os resultados estão mostrados na Tabela 10.

Para a escolha de leitos no H2, consideraram-se aqueles que ti-

Tabela 10: Tendência da luminosidade mensurada para Hospital 1

| | Sala 1 | | Sala 2 | | UTIN Leito 7 | | UTIN Leito 6 | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------------|--------|--------------|--------|
| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 | Dia 7 | Dia 8 |
| Média | 293,85 | 443,00 | 153,77 | 189,45 | 96,08 | 269,99 | 190,61 | 254,91 |
| Desv Padr. | 40,82 | 45,45 | 36,58 | 32,28 | 63,84 | 4,50 | 45,83 | 12,63 |
| Máx | 361,2 | 531,0 | 228,7 | 282,3 | 264,6 | 279,7 | 240,5 | 296,4 |
| Mín | 178,7 | 368,8 | 65,8 | 100,1 | 27,1 | 258,6 | 73,2 | 229,4 |
| <100 | 0% | 0% | 9% | 0% | 54% | 0% | 12% | 0% |
| 300±100 | 100% | 23% | 7% | 43% | 12% | 100% | 69% | 100% |
| 1000±100 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |

nham luz natural entrando pelas janelas (Leito 6 e 7) e um leito um pouco mais afastado (Leito 1). A Tabela 11 mostra os resultados da monitoração. Observa-se que para as medições perto da janela, 100% dos valores estão acima dos 1100 lux. Estes valores superiores a 1100 lux não dificultam a visão da tela dos ventiladores ao pé da maca do paciente, ao contrário do que ocorre com as telas das bombas, porém este fato deve-se principalmente ao tamanho da tela deste equipamento. Somente o leito 1 apresentou valores menores do que os 100 lux mínimos requeridos para boa visualização. Os valores de 4% e 9%, para valores perto de 300 lux, representam a lâmpada acesa para procedimentos.

Tabela 11: Tendência da luminosidade mensurada para Hospital 2

| | Leito 1 | | Leito 6 | | Leito 7 | |
|--------------------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|
| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 |
| Média | 39,27 | 51,47 | 2749,27 | 1117,08 | 774,74 | 2450,15 |
| Desv. Padr. | 36,76 | 62,43 | 524,06 | 268,86 | 281,64 | 410,77 |
| Máx | 235 | 259 | 4056,8 | 2192,1 | 1537,5 | 3737,7 |
| Mín | 19 | 13,9 | 1657,8 | 154,6 | 366,4 | 1223,1 |
| <100 | 96% | 85% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 300±100 | 4% | 9% | 0% | 0% | 4% | 0% |
| 1000±100 | 0% | 0% | 0% | 45% | 9% | 0% |
| >1100 | 0% | 0% | 100% | 39% | 14% | 100% |

Como o H3 representa os valores para uma UTIN, repetem-se as características descritas para o H1. A maioria dos valores são menores que 100 lux, para conforto dos pacientes, e os poucos valores acima deste nível representam luzes acesas para procedimentos. Os resultados são apresentados na Tabela 12.

Retomando as respostas do questionário, no H1 e no H3 aproximadamente 30% dos entrevistados consideraram a luminosidade alta. Este resultado é inesperado, porque o H1 apresentou uma luminosidade

Tabela 12: Tendência da luminosidade mensurada para Hospital 3

| | Sala 1 | | | Sala 2 | | |
|--------------------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|
| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 |
| Média | 52,34 | 58,06 | 112,35 | 111,69 | 47,80 | 100,98 |
| Desv. Padr. | 54,50 | 27,17 | 215,75 | 71,36 | 41,69 | 90,29 |
| Máx | 246,2 | 133,2 | 805,7 | 390,8 | 202,3 | 505,7 |
| Mín | 15 | 18 | 13,7 | 32,6 | 10,1 | 38,5 |
| <100 | 90% | 92% | 90% | 53% | 92% | 91% |
| 300±100 | 7% | 0% | 0% | 17% | 0% | 5% |
| 1000±100 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |

normal e o H3 uma luminosidade baixa, quando comparado ao recomendado na norma. Ao mesmo tempo, na questão “a iluminação garante as condições para a execução de tarefas”, apresentada na Figura 25, houve um bom grau de aceitação para os três hospitais. Possivelmente esta pergunta não tinha sido proposta adequadamente e provocou desvios nas respostas.

4.2.4.4 Resultados de medições de ruído

A norma que deve ser seguida para o caso do ruído é a ABNT NBR 10152, que estabelece que os níveis de ruído devem ser entre 35 dB e 45 dB. Desde o começo pode-se prever que estes níveis serão superados com facilidade, devido à característica do ambiente da UTI, pois há um grande número de equipamentos e pessoas circulando. Somente ambientes com baixo ruído correspondem a estes níveis de decibéis, como por exemplo uma biblioteca.

O sensor usado para a medição de ruído é o microfone omnidirecional com código POM-3044P-R e com uma sensibilidade de -44 ± 3 dB.

A Tabela 13 mostra os valores do ruído mensurados para o H1. Conforme previsto, nenhuma das medições está dentro dos níveis adequados, sendo que todas ultrapassam o limite de 45 dB, e o mínimo encontrado foi de aproximadamente 55 dB. Mesmo na UTIN, que precisa de um ambiente mais tranquilo, o ruído não é menor, já que observam-se valores máximos similares. Ruídos acima de 60 dB são incômodos e a partir de 75 dB podem chegar a ser dolorosos. Considerando isto, procurou-se descobrir a porcentagem de ruído na faixa de 70 dB a 80 dB e constatou-se que os valores mostram que, em média, 50% dos ruídos presentes estão dentro destes níveis. Mais preocupante ainda é

que também se registraram ruídos superiores a esta faixa, chegando a 90 dB.

Tabela 13: Tendência do ruído mensurado para Hospital 1

| | Sala 1 | | Sala 2 | | UTIN Leito 7 | | UTIN Leito 6 | |
|--|--------|-------|--------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 | Dia 7 | Dia 8 |
| Média | 72,19 | 68,81 | 74,56 | 70,18 | 77,15 | 73,45 | 73,67 | 80,45 |
| Desv. Padr. | 7,09 | 6,17 | 9,54 | 7,26 | 8,36 | 6,50 | 8,48 | 7,81 |
| Máx | 92,54 | 88,76 | 97,53 | 88,05 | 105,5 | 92,7 | 99,7 | 102,0 |
| Mín | 59,6 | 57,35 | 56,00 | 56,01 | 56,3 | 54,4 | 56,1 | 56,1 |
| Adequado ABNT NBR 10152 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| >Lim. Sup. | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| <Lim. Inf. | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 70 dB a 80 dB | 53% | 42% | 41% | 50% | 50% | 56% | 43% | 40% |
| 80 dB a 90 dB | 10% | 3% | 33% | 6% | 28% | 17% | 17% | 41% |
| >90 dB | 1% | 0% | 2% | 0% | 8% | 1% | 5% | 11% |

O cenário repete-se para o H2, onde a média e os valores máximos são similares ao H1. Esses os dados são mostrados na Tabela 14. Observa-se que a faixa de 80 dB a 90 dB apresenta porcentagens maiores em relação ao H1, o que demonstra que este hospital é mais barulhento, e este caso foi validado com o *shadowing*, percebendo-se que a frequência de alarmes das bombas de infusão e dos monitores foi maior.

Tabela 14: Tendência do ruído mensurado para Hospital 2

| | Sala 1 | | Sala 2 | | UTIN Leito 7 | |
|--|--------|-------|--------|-------|--------------|-------|
| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 |
| Média | 73,73 | 72,88 | 75,06 | 77,73 | 78,21 | 77,37 |
| Desv. Padr. | 7,10 | 7,04 | 6,92 | 7,65 | 5,67 | 6,11 |
| Máx | 91,88 | 89,48 | 97,03 | 97,48 | 95,61 | 94,43 |
| Mín | 52,12 | 50,41 | 60,14 | 60,14 | 67,18 | 64,21 |
| Adequado ABNT NBR 10152 | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| >Lim. Sup. | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| <Lim. Inf. | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 70 dB a 80 dB | 53% | 54% | 51% | 49% | 60% | 57% |
| 80 dB a 90 dB | 23% | 19% | 26% | 32% | 37% | 36% |
| >90 dB | 0% | 0% | 2% | 8% | 1% | 0% |

A UTIN do H3 melhora quanto à adequação no nível de ruído; porém, com porcentagens muito baixas. A fonte de ruído, em geral, são os alarmes dos berços aquecidos que ativam-se a cada 15 minutos por causa de uma falha técnica derivada do uso de sensor de temperatura. Como o posto de enfermagem não está localizado dentro das salas e

o corpo clínico não permanece por muito tempo ao lado dos leitos, a contribuição ao ruído da ocorrência de conversações aumenta e impacta nos resultados finais mostrados na Tabela 15. Além dos alarmes, os picos de ruído (80 dB) são devido aos pacientes e ao tamanho da sala, o que colabora para que os ruídos sejam percebidos mais fortemente.

Tabela 15: Tendência do ruído mensurado para Hospital 3

| | Sala 1 | | | Sala 2 | | |
|--|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 |
| Média | 69,71 | 66,04 | 67,71 | 58,77 | 61,31 | 60,95 |
| Desv. Padr. | 10,38 | 13,16 | 10,61 | 9,16 | 9,83 | 10,57 |
| Máx | 94,42 | 93,08 | 91,08 | 83,82 | 88,88 | 91,6 |
| Mín | 46,52 | 37,13 | 38 | 40,32 | 40,33 | 40,79 |
| Adequado ABNT NBR 10152 | 0% | 4% | 1% | 12% | 7% | 5% |
| >Lim. Sup. | 100% | 96% | 99% | 88% | 93% | 88% |
| <Lim. Inf. | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 70 dB a 80 dB | 40% | 26% | 37% | 12% | 21% | 16% |
| 80 dB a 90 dB | 15% | 18% | 12% | 1% | 2% | 5% |
| >90 dB | 3% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0 % |

Os ruídos com níveis altos corroboram a percepção do usuário, descrita na Figura 24, que demonstra que 90% dos usuários, nos três hospitais, responderam sentir o ruído alto e muito alto. Efetivamente, os ruídos presentes geram constrangimento, segundo pode ser observado no acompanhamento e conferido com as respostas dadas pelos usuários (Figura 25).

4.3 ETAPA 4. PROPOSTA DE AÇÕES DA ENGENHARIA CLÍNICA PARA O AUMENTO DA SEGURANÇA

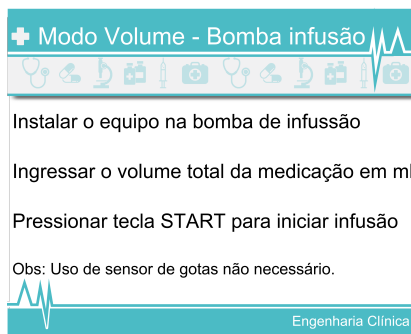
Nesta seção, apresentam-se as propostas de ações corretivas e preventivas que a engenharia clínica pode considerar, a fim de solucionar os erros encontrados. Ressalta-se que as sugestões aqui listadas levaram em consideração a realidade do sistema de saúde brasileiro. Dessa forma, não foram propostos grandes investimentos, e sim pequenas mudanças, com a perspectiva da engenharia de fator humano, que podem fazer a diferença. As recomendações foram divididas para cada pilar do processo tecnológico em saúde: tecnologia, infraestrutura e recursos humanos.

4.3.1 Recomendações de ações no pilar da tecnologia

Segundo foi observado, o usuário fica confuso quando o mesmo modelo de bombas de infusão peristáltica dentro do serviço apresenta diferentes configurações, isto porque algumas estão funcionando por vazão e outras por volume. Como a ficha expedida pela farmácia para a administração do medicamento tem os valores de volume e da taxa a ser infundida, sugere-se que cada hospital entre em consenso e padronize uma modalidade de uso, já que o usuário pode não lembrar o procedimento de alterar a configuração e pode vir a ter dificuldades no uso da bomba. Em paralelo, seria importante disponibilizar, em um lugar visível ao usuário, os passos a seguir segundo a configuração que apresenta a bomba, pois esta ação ajudaria a um melhor uso. Um exemplo disto é apresentado na Figura 27 e na Figura 28.

Outro problema frequente corresponde à bomba de infusão de seringa e seu alarme “pré-fim da infusão”. Como indicou-se na seção prévia, o usuário acredita que o equipamento parou e não infundiu todo o medicamento. Como uma solução para reduzir o número de chamadas à engenharia clínica que possam vir a acontecer por este problema, sugere-se posicionar a anotação da Figura 29 em lugares estratégicos, para lembrar ao usuário do procedimento adequado ante este evento.

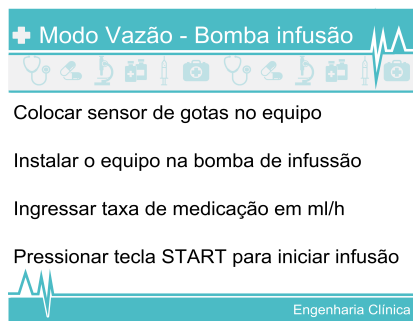
Figura 27: Recomendação sobre o uso da bomba de infusão em modo volume



A problemática encontrada nos ventiladores do H1, sobre a falta de robustez em seus sensores de fluxo e diafragma, assim como a função do ventilador de ciclar na última configuração, são fatos difíceis de serem resolvidos pela engenharia clínica sem uma mudança no *design*, fato que é de responsabilidade do fabricante. Desse modo, recomenda-

se a elaboração de uma ajuda extra ao usuário como forma de um guia rápido de instalação e uso dos acessórios deste equipamento. Um exemplo apresenta-se nas Figuras 30 e Figura 31.

Figura 28: Recomendação sobre o uso da bomba de infusão em modo vazão



Como este domínio de tecnologia está ligado ao *design* dos equipamentos e a engenharia clínica não pode realizar mudanças neles, recomenda-se incluir como parte do processo de recebimento de novas tecnologias a aplicação da análise heurística. Esta análise poderia ser incluída na rotina da equipe da engenharia clínica, convidando também os usuários finais a participarem, e juntos poderem descobrir os problemas que possam vir a acontecer com o uso. Os resultados deste procedimento prepararia a equipe para oferecer um adequado treinamento focado nas deficiências encontradas.

Figura 29: Recomendação sobre o alarme “pré-fim da infusão”

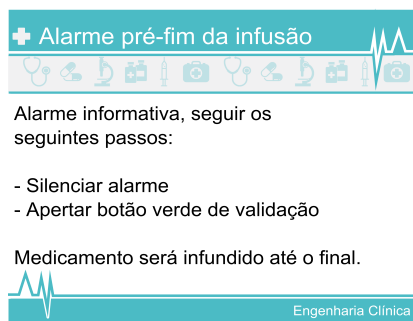


Figura 30: Recomendação na colocação de sensor de fluxo



4.3.2 Recomendações de ações no pilar dos recursos humanos

Continuamente, observou-se que o usuário silencia os alarmes sonoros sem dar muita atenção à sua origem e solução e, por conseguinte, o alarme reaparece. Isto pode ser a causa do usuário não entender totalmente o princípio de funcionamento do equipamento, devido a treinamentos mecanicistas. Assim, recomenda-se um treinamento com abordagem focada na solução de problemas dando ênfase nas deficiências que pode apresentar o equipamento durante seu uso e o usuário possa facilmente dar solução.

Figura 31: Recomendação sobre colocação de válvula de exalação



Ante os erros da configuração do tipo de paciente monitorizado, sugere-se a implementação de procedimentos a cada vez que se admite um novo paciente, do mesmo modo como funciona para os procedimentos clínicos. Faz-se importante que existam procedimentos de uso dos

equipamentos que permitam reduzir a aparição de erros que podem ser perigosos para a segurança do paciente.

Recomenda-se conhecer mais o usuário e criar uma cultura da não culpabilidade, de modo que o eles possam transmitir os erros que acontecem e as dificuldades ou confusões que os equipamentos originam. Com esta atividade, o usuário perceberá a engenharia clínica como um aliado para melhorar seu desempenho e, por conseguinte, a segurança dos pacientes.

4.3.3 Recomendações de ações no pilar da infraestrutura

Resultados do questionamento e observações do usuário sobre a influência dos parâmetros ambientais mostraram que o ruído traz maior desconforto, e está diretamente relacionado com a ativação de alarmes que, na maior parte das situações, devem-se à movimentação dos pacientes.

A aparição de alarmes com nenhum problema clínico aparente faz com que o usuário desligue todo alarme, ocasionando um grande risco. As recomendações anteriores são facilmente implementadas, porém para este problema considera-se que o mais viável é uma solução tecnológica. Esta solução é uma central de monitorização (exemplo na Figura 32), na qual possam estar combinados todos os alarmes e que ajude na sua gestão, evitando que o usuário os desligue, o que, ao mesmo tempo, auxiliaria no melhor gerenciamento do espaço das UTI's onde o usuário não tem certeza a que leito corresponde o alarme.

Figura 32: Central de monitorização



Fonte: medicalexp.es

5 DISCUSSÃO

Tal como afirmam Spath (2011) e Smith et al. (2010), é importante conhecer adequadamente a causa dos erros, para que desse modo se possa tomar ações em sua origem, a fim de minimizar a sua ocorrência. Eles também argumentam que os indivíduos não são a principal causa de acidentes esporádicos ocasionais, no entanto, podem ser agentes dinâmicos da segurança do paciente, por meio da identificação e minimização dos fatores que minam a capacidade de realizar trabalhos com sucesso. Assim, esta pesquisa abrange os elementos presentes no processo tecnológico em saúde: tecnologia, recursos humanos e infraestrutura, identificando como cada um deles influencia nos erros de uso e gerando evidências para sua redução.

Abordar os perigos relacionados ao uso com uma modificação no *design* é geralmente mais efetivo do que gerar etiquetas ou incrementar o treinamento. As etiquetas podem não estar acessíveis quando forem necessárias e o treinamento depende muito da memória, conforme enfatiza Reason (2000). Porém, no Brasil e dentro dos cenários estudados, essas modificações fogem da atuação da engenharia clínica; assim, podem ser sugeridas estas soluções, mas com uma abordagem diferenciada para processos e com treinamentos focados no entendimento da tecnologia e não no repasse de informações mecanizadas.

Zhang et al. (2003) indicam que a análise heurística é o método com melhor custo efetividade para encontrar problemas de usabilidade, pois não precisa de uma estrutura complexa e, mesmo assim, é capaz de descobrir problemas de usabilidade. Além disso, afirma que um só avaliador pode descobrir somente 35% de problemas de usabilidade, enquanto de 3 a 5 avaliadores podem detectar 60 a 75%. Nesta pesquisa, a análise heurística foi feita por um avaliador, já que o intuito foi ter uma primeira visão dos erros que poderiam acontecer. No entanto, com os resultados obtidos descobriram-se problemas que, em geral, não foram observados na rotina diária, portanto, faz-se importante que um membro do corpo clínico esteja presente na avaliação e, assim, seja possível obter resultados próximos do que realmente acontece na rotina.

Foi utilizado o método da AH para avaliar parâmetros de usabilidade, em um total de 7 equipamentos, distribuídos em: 1 modelo de bomba de infusão peristáltica, 1 bomba de infusão de seringa e 5 modelos diferentes de ventiladores pulmonares. A aplicação do método permitiu descobrir 39 problemas de usabilidade, tanto a nível de *software* como de *hardware*. Confere-se a utilidade desta avaliação, porém

se ressalta que o uso com uma pessoa pode revelar problemas que não necessariamente aparecem na rotina real, por isso, recomenda-se que na análise heurística seja incluído algum membro do corpo clínico. Por outro lado, complementar este método com a aplicação do *shadowing* auxilia também a desconsiderar estes desvios.

Os *designs* focados no usuário deveriam acomodar um grande número de profissionais com características diferentes, trabalhando sob condições variáveis ou estressantes, reduzindo a propensão ao erro e a necessidade de treinamento. Porém, estas características não se refletiram nos resultados da análise das bombas de infusão presentes nos hospitais, as quais apresentaram deficiências que levaram ao usuário a um uso problemático. Isto pode ser devido também ao fato de que as bombas têm pouco tempo de instalação nos serviços, no entanto, Kjeldskov, Skov e Stage (2010) afirma que alguns problemas, mesmo não severos, permanecem depois de um uso intensivo.

Pobres *designs* permanecem pobres, motivo pelo qual é importante solucionar os problemas nas primeiras etapas de uso. Isto já é aplicado por outras indústrias, como o sector petrolífero conforme Quintana et al. (2013), essa prática pode reduzir os custos ocasionados pela implementação de ações preventivas e corretivas futuras.

Os fabricantes de produtos são incentivados a desenvolver equipamentos que incorporam características únicas e distintivas, isto pode ter um impacto no desempenho dos usuários quando novos equipamentos são incorporados, pois o usuário é relutante em usar algo diferente ao que está acostumado, conforme foi verificado em H2. Nesta UTI, todos os leitos apresentam uma marca de monitor, com exceção de um, que tem um monitor novo com diferentes características, este leito apresenta constantes reclamações de mau funcionamento e frequentes alarmes, provocados, em geral, por uma má configuração e o usuário não é capaz de resolver os problemas. Não pretende-se frear a inovação de novas interfaces, mas se as heurísticas fossem consideradas em cada *design*, esta resistência do usuário poderia ser reduzida. Como abordagem a esta questão, propõe-se que os engenheiros clínicos apliquem a análise heurística com uma consideração especial durante a aquisição de novos equipamentos a serem instalados. Assim, estarão mais cientes dos problemas que podem acontecer durante a utilização do equipamento, além de potencializar o treinamento aos usuários.

Stanton et al. (2013) considerara o potencial da observação como técnica de avaliação de usabilidade. Nesta pesquisa, os resultados da análise heurística foram potencializados com a aplicação do *shadowing*. Conforme relatado por Zhang et al. (2003), observar a interação de

usuários no uso real proporciona melhor informação, tanto da interface como do equipamento no contexto de uso.

Os eventos mais perigosos foram observados no H2, onde os usuários desligam os alarmes dos monitores, de modo que qualquer parâmetro fora dos limites estabelecidos não é adequadamente alertado, colocando em risco a vida do paciente. Este fato não é isolado da realidade do sistema de saúde brasileiro, Graham e Cvach (2010) aponta que 78% do corpo clínico nos Estados Unidos também desliga os alarmes. Se os alarmes têm como função alertar sobre problemas do paciente, assim como seu status, sua suspensão elimina o sentido da monitoração. A FDA tem reportado mortes porque os alarmes não soaram ou não foram escutados (ECRI, 2015).

Um fato interessante foi evidenciado com o *shadowing*: os equipamentos observados são muitas vezes subutilizados. As bombas de infusão têm diferentes funções que podem ser configuradas para sacar o máximo proveito, porém os usuários usam estes equipamentos na configuração que esteja no momento do uso. Além disso, se as bombas apresentam uma configuração diferente, os usuários ficam confusos e preferem trocar de bomba. No H3, mesmo sendo uma UTI neonatal, os pacientes são monitorizados com pulsioxímetros registrando apenas a saturação de oxigênio e a frequência cardíaca. Quando é usado outro monitor, com mais funções possíveis, ainda assim é utilizado somente a função de saturação de oxigênio. Igualmente, os ventiladores são usados em modo CPAP embora tenham outros modos ventilatórios.

Adicionalmente, observou-se que os berços aquecidos apresentam alarmes a cada 15 minutos, novamente, este fato deve-se ao equipamento possuir uma característica não usada no cenário real, a de servo controle. Esta configuração permite monitorar a temperatura do paciente e graduar a intensidade de calor. No entanto, os sensores de temperatura não são usados, o que ocasiona os constantes alarmes. Durante o *shadowing*, descobriu-se que uma mudança na configuração soluciona este problema, o que demonstra que a utilização deste método é capaz de obter dados que de outro modo não seriam percebidos.

Em relação aos questionários, os técnicos de enfermagem apontaram que usam o ventilador, embora tenha sido observado que isso não ocorre e, além disso, eles não têm a atribuição para seu uso. Outro desvio observa-se com relação à luminosidade, que no H3 30% respondeu que percebem a luminosidade como alta, sendo que o resultado da monitoração revelou que este hospital apresenta a menor luminosidade, aproximadamente 150 lux.

Apresenta-se uma taxa alta de treinamento para a bomba de

infusão, porém, foram observados problemas quanto a seu uso, o que reflete um treinamento mecanizado, no qual o usuário não compreende os princípios de funcionamento. Recomenda-se realizar uma observação no modo de treinamento para aprofundar estes dados.

O fato de que mais de 80% de enfermeiras e técnicos de enfermagem, que são os que mais utilizam as bombas de infusão, tenham argumentado sentirem-se tranquilos quanto a seu uso e não terem maiores problemas, pode sugerir que eles sentem receio de serem culpados ou considerados ineficientes ao confessarem suas dificuldades, como é assinalado por Fossum et al. (2011). As dificuldades foram evidentes no percurso do *shadowing*, e uma abordagem de fator humano faz-se necessária, na qual exista uma cultura de segurança e o usuário sinta a confiança de relatar aos engenheiros clínicos suas dúvidas e, em conjunto, possam melhorar o desempenho dos equipamentos e uso deles, pois, sem informação por parte dos usuários, dificulta-se o trabalho de sugerir melhoras quanto à segurança.

A pesquisa desenvolvida por Elias (2013) mensurou duas UTI's durante dois dias e por um período de 13 horas em uma e 11 horas na outra; e as medições foram feitas nas estações de enfermagem. Em contraste, este trabalho considerou um mesmo tempo para todas as medições (6 horas) e as medições foram realizadas em leitos ativos. Adicionalmente, Elias (2013) tira conclusões a partir de respostas de questionários, o que, conforme se comentou, não podemos considerar totalmente válido, já que se observaram desvios entre o observado no acompanhamento e as respostas do questionário.

Existem diversas pesquisas que realizaram medições de ruído dentro das UTI's, como as de Elias (2013), que mensurou o ruído com resultados de média 64,4 dB e 65,2 dB. As medições de Neto et al. (2010) obtiveram uma média de 60,9 dB; as de Macedo et al. (2009), uma média 64,1 dB e 64,0 dB; e as de Kracht, Busch-Vishniac e West (2007), uma média de 45 dB a 68 dB. Nesta pesquisa, os valores foram superiores: em média 73,8 dB para o H1, para o H2 75,83 dB e para o H3 64,8 dB. Todos os autores registraram valores máximos a partir de 70 dB, e nesta pesquisa as máximas foram superiores aos 80 dB. Esses dados superiores aos relatados nos trabalhos citados podem ser devidos ao fato de as leituras terem sido coletadas no leito e não na estação de enfermagem, como é o caso das pesquisas mencionadas.

Ulrich et al. (2008) aponta que existe uma relação entre os ruídos e o desempenho do corpo clínico, porém este fato não foi observado no acompanhamento, os usuários ficaram constrangidos mas a realização de suas tarefas não foi afetada.

6 CONCLUSÕES

A metodologia desenvolvida e aplicada ao estudo de caso em três hospitais permitiu gerar evidências quanto à ocorrência de erros dentro das Unidades de Terapia Intensiva e esta metodologia revelou erros que não são comumente relatados pelos usuários. O uso de métodos da engenharia de fator humano auxilia a engenharia clínica no processo de esclarecer problemas que, por experiência, podem ser conhecidos e outros que passam despercebidos.

Sabe-se que os erros não são causados só por elementos individuais, mas sim uma combinação destes. Dentro do processo tecnológico em saúde, há pessoas com diferentes características interagindo com tecnologia complexa e dentro de um ambiente, as vezes, não adequado. Considerando estes fatos, a metodologia considerou estudar as inter-relações entre eles.

Com a aplicação do *shadowing*, dos 39 problemas de usabilidade encontrados, somente foram observados 5, e todos relacionados às bombas de infusão, tanto peristálticas como de seringa, porém, não se pode afirmar que não existiram problemas com os ventiladores, já que não se conseguiu observar o momento em que o paciente é conectado a este equipamento, que é a tarefa mais crítica.

Monitorou-se parâmetros de temperatura, umidade, luminosidade e ruído nos serviços avaliados e compararam-se os resultados em contraste com as normas vigentes de adequação de espaços em saúde. Para os três primeiros parâmetros, sua adequação variou de dia para dia e de leito para leito; porém, na observação constatou-se que, embora os níveis estivessem acima ou abaixo do permitido, os usuários não evidenciaram redução no desempenho, ou mostraram desconforto, nem se escutaram comentários relacionados. No entanto, em relação ao ruído, o cenário foi diferente; em nenhum dos serviços avaliados o ruído se encontrava dentro dos limites adequados, superando em média os 60 dB. Nesse caso sim, os usuários mostraram irritabilidade e incômodo devido aos constantes alarmes dos equipamentos.

Contudo, não é conclusivo que o ruído afete efetivamente o desempenho ou tenha influência na ocorrência de erros já que não se observou um aumento nas falhas quanto ao uso da tecnologia. Por outro lado, no questionário aplicado, observa-se que os usuários acreditam que o ruído impacta negativamente no seu desempenho. No entanto, deve considerar-se que existem diversos desvios entre as respostas do usuário com o observado no acompanhamento nos serviços. Propõe-se,

assim, uma abordagem diferente, tanto nas questões ao usuário, quanto uma coleta de dados em campo, mais direcionada à observação única de efeitos do ruído no corpo clínico.

Em resumo, esta pesquisa demonstrou que dentro do processo tecnológico em saúde avaliado, os pilares dos recursos humanos e da tecnologia influenciam na ocorrência de erros. Muitos dos erros se devem a um desentendimento por parte do usuário quanto ao uso do equipamento. Seguindo os princípios da engenharia de fator humano, é importante ter presente que o usuário não erra porque a tecnologia é pouco intuitiva e pouco usável, este último fato viu-se corroborado nesta pesquisa. Porém, observaram-se algumas atitudes dos usuários que geram situações que comprometem a segurança.

Conclui-se que, para o cenário específico avaliado neste projeto de pesquisa, a engenharia clínica deve focar sua ação preventiva e corretiva nos pilares da tecnologia e dos recursos humanos para poder melhorar a segurança do processo tecnológico em saúde.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. A. D. C. **Bombas de infusão: Operação, funcionalidade e segurança**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

APPLEBAUM., D. et al. The impact of environmental factors on nursing stress, job satisfaction, and turnover intention. **The Journal of nursing administration**, v. 29, n. 6, p. 997–1003, 2010. ISSN 15378276.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7256**: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (eas) - requisitos para projeto e execução das instalações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, 2013.

BEZERRA, F. et al. Heuristic analysis: A tool to improve medical device safety and usability. In: **XIII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing**. [S.l.: s.n.], 2013. v. 41, p. 1186 – 1189.

BEZERRA, F. N. et al. Aplicação de task analysis no estudo medicação. In: **XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomedica**. [S.l.: s.n.], 2012.

BLOMKVIST, V. et al. Acoustics and psychosocial environment in intensive coronary care. **Hosp Dev**, 2005.

BOGNER, S. Human factors and medicine. In: **Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting**. Santa Monica, Calif. [S.l.: s.n.], 1991.

BRENNAN, T. A. et al. Incidence of adverse events and negligence in hospitalized patients: results of the harvard medical practice study i. **Qual Saf Health Care**, 2004.

BRINER, M. et al. Assessing hospitals' clinical risk management: Development of a monitoring instrument. **BMC Health Services Research**, BioMed Central Ltd, v. 10, n. 1, p. 337, jan. 2010. ISSN 1472-6963.

BRONZINO, J. D. **Management of Medical Technology: A Primer for Clinical Engineering**. Stoneham: Butterworth-Heinemann, 1992. ISBN 0750692529.

CALIL, S. J. **Equipamentos médico-hospitalares e o gerenciamento da manutenção**. [S.l.], 2002.

CARAYON, P. Human factors in patient safety as an innovation. **Applied ergonomics**, 2010.

CARAYON, P. **Handbook of Human Factors and Ergonomics in Health Care and Patient Safety**. [S.l.]: CRC Press, 2012.

CASALI, J.; ROBINSON, G. Noise in industry: Auditory effects, measurement, regulations and management. In: **Occupational Ergonomics - Design and Management of Work systems**. Boca Raton: CRC Press, 2003. cap. 16, p. 16–32.

CASSANO-PICHE, A. et al. **Human Factors For Health Technology Safety: Evaluating and Improving the Use of Health Technology InThe Real World**. [S.l.]: International Federation of Medical and Biological Engineering. Clinical Engineering Division, 2015.

CHAN, A. J. et al. Applying usability heuristics to radiotherapy systems. **Radiotherapy and oncology : journal of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology**, Elsevier Ireland Ltd, v. 102, n. 1, p. 142–7, jan. 2012. ISSN 1879-0887. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21733590>>.

CHIARIZIA, R.; MINIATI, R.; IADANZA, E. Approach to the management of infusion systems in hospitals. In: **World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering**. [S.l.: s.n.], 2015.

CORR, M. Reducing occupational stress in intensive care. **Nursing in Critical Care**, 2000.

CUSTODIO, R. A. R. et al. Using heuristic analysis to support usability evaluation of a low risk medical device under development

process. In: **World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering**. [S.l.]: Springer International Publishing Switzerland, 2015.

DHILLON, B. S. **Human Reliability And Error In Medical System**. World Scientific, 2003. (Series on Industrial and Systems Engineering, v. 2). ISBN 978-981-238-359-4. Disponível em: <<http://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/5264>>.

DONCHIN, Y. et al. A look into the nature and causes of human errors in the intensive care unit. **Critical Care Medicine**, v. 23, n. 2, p. 294–300, 2003.

DONCHIN, Y.; SEAGULL, F. J. The hostile environment of the intensive care unit. **Current Opinion in Critical Care**, v. 8, n. 4, p. 316–320, 2002.

DYRO, J. **Clinical Engineering Handbook**. Plymouth Meeting: Elsevier Inc., 2004. 696 p. ISBN 978-0-12-226570-9.

ECRI. **Intensive Care Ventilator**. [S.l.], 2011.

ECRI. **Infusion pumps**. [S.l.], 2012.

ECRI. Top 10 health technology hazards for 2013. **Health Dev**, v. 42, n. 11, 2012.

ECRI. **Home Infusion: A Safety Guide for Patients and Caregivers**. [S.l.], 2013.

ECRI. Top 10 health technology hazards for 2015. **Health Dev**, 2014.

ECRI. Top 10 health technology hazards for 2016. **Health Dev**, 2015.

ELIAS, G. A. **Metodologia para avaliação de parâmetros ambientais em serviços de saúde**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual de Campinas, 2013.

EMANUEL, L. et al. What exactly is patient safety? Agency for Healthcare Research and Quality, 2008.

FAIRBANKS, R. J. et al. Usability study of two common defibrillators reveals hazards. **Annals of emergency medicine**, v. 50, n. 4, p. 424–32, 2007.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Applying human factors and usability engineering to optimize medical device design. 2011.

FOSSUM, M. et al. An evaluation of the usability of a computerized decision support system for nursing homes. **Applied Clinical Informatics**, v. 2, n. 4, p. 420–436, 2011. ISSN 1869-0327.

GARCIA, R.; SANTOS, R.; SOUZA, R. E. H. Health care technology management applied to public hospitals in santa catarina – brazil. **Proceedings of First WHO Global Forum on Medical Devices**, 2010.

GRAHAM, K. C.; CVACH, M. Monitor alarm fatigue: Standardizing use of physiological monitors and decreasing nuisance alarms. **Critical Care Management**, 2010.

GRIMES, S. L. The future of clinical engineering: the challenge of change. **IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY MAGAZINE**, 2003.

GROSSE-WENTRUP, D.; HOELSCHER, U. M. Technological surveillance and integrity monitoring of infusion systems. In: **World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering**. [S.l.: s.n.], 2015. v. 51.

HOLSBACH, L. R. **Análise dos fatores humanos e organizacionair nos incidents em anestesia**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Río Grande do Sul, 2005.

IIDA, I. **Ergonomia - Projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2005. 614 p.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. What is ergonomics? 2010.

JASPERS, M. W. M. A comparison of usability methods for testing interactive health technologies: Methodological aspects and empirical evidence. **International Journal of Medical Informatics**, v. 78, n. 5, p. 340–53, maio 2009. ISSN 1872-8243. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19046928>>.

KAYE, R. Human factors / usability for infusion pumps : Additional test data requested in new draft guidance. p. 1–24, 2010.

KAYE, R.; CROWLEY, J. Medical device use-safety: Incorporating human factors engineering into risk management. **Guidance for Industry and FDA Premarket and Design Control Reviewers**, 2000.

KJELDSKOV, J.; SKOV, M. B.; STAGE, J. A longitudinal study of usability in health care: does time heal? **International journal of medical informatics**, Elsevier Ireland Ltd, v. 79, n. 6, p. e135–43, jun. 2010. ISSN 1872-8243. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18757234>>.

KOHN, L. T.; CORRIGAN, J. M.; DONALDSON, M. S. **To err is human: building a safer health system**. Washington DC: National Academy Press, 2000. 453–4 p. ISSN 0750-7658. ISBN 0309068371. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12134587>>.

KRACHT, J.; BUSCH-VISHNIAC, I.; WEST, J. Noise in the operating rooms of Johns Hopkins Hospital. **Journal of Acoustical Society of America**, v. 121, n. 5, p. 2673–2680, 2007.

LAMBERTS, R. **Conforto e estress térmico**. [S.l.], 2013.

LANE, R.; STANTON, N. A.; HARRISON, D. Applying hierarchical task analysis to medication administration errors. **Applied ergonomics**, v. 37, n. 5, p. 669–79, set. 2006. ISSN 0003-6870. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16182230>>.

LARDNER, R.; SCAIFE, R. Helping engineers to analyse and influence the human factors in accidents at work. **Process Safety and Environmental Protection**, 2006.

LEAPE, L. L.; BERWICK, D. M. Five years after to err is human. what have we learned? **American Medical Association**, v. 293, n. 19, May 2005.

LEAPE, L. L. et al. Systems analysis of adverse drug events. **Journal of the American Medical Association**, 1995.

LEATHER, P.; BEALE, D.; SULLIVAN, L. Noise, psychosocial stress and their interaction in the workplace. **Journal of Environmental psychology**, v. 23, n. 2, p. 213–222, 2003.

LILJEGREN, E. Usability in a medical technology context assessment of methods for usability evaluation of medical equipment. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 36, n. 4, p. 345–352, abr. 2006. ISSN 01698141. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169814106000047>>.

MACEDO, I. et al. Avaliação do ruído em unidades de terapia intensiva. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 75, n. 6, p. 844–846, 2009.

MEDICINE, I. of. Crossing the quality chasm: A new health system for the 21st century. **National Academy Press**, 2000.

MORAES, L.; ENSSLIN, L.; GARCIA, R. Uma abordagem soft para a integração da engenharia clínica na assistência em saúde. In: **Congresso Latinoamericano de Ingenieria Biomédica**. [S.l.: s.n.], 2007.

MORAES, L.; GARCIA, R. Proposta de um modelo de gestão da tecnologia médico-hospitalar. In: **Anais do III Congresso Latino-Americano de Engenharia Biomédica CLAEB2004**. [S.l.: s.n.], 2004. v. 4, p. 309–312.

MORESI, E. **Metodologia da Pesquisa**. Brasília, 2003. 1–127 p. Disponível em: <<http://www.inf.ufes.br/pdcosta/ensino/2010-2-metodologia-de-pesquisa/MetodologiaPesquisa-Moresi2003.pdf>>.

MROCZEK, J. et al. Hospital design and staff perceptions. **The Health Care Manager**, v. 24, n. 3, p. 233–244, 2005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Health care comes home: The human factors. 2011.

NETO, R. de A. S. et al. Noise in the intensive care unit: quantification and perception by healthcare professionals. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, 2010.

NICKERSON, R. **Emerging Needs and Opportunities for Human Factors Research**. [S.l.]: NATIONAL ACADEMY PRESS, 1995.

NIELSEN, J. Usability 101: Introduction to usability. **NN/g Nielsen Norman Group**, 2012. Disponível em: <<http://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>>.

NIELSEN, J.; MOLICH, R. Heuristic evaluation of user interfaces. In: **Proceedings of ACM CHI'90**. [S.l.: s.n.], 1990. p. 249 – 56.

OUELLET, M. et al. Guide to direct observation of community safety. **Ministère de la Sécurité publique du Québec**, 2009.

POPE, C.; ZIEBLAND, S.; MAYS, N. Qualitative research in health care analysing qualitative data. **Nurse researcher**, v. 18, n. 3, p. 4–5, 2000. ISSN 13515578.

PUGH, R. J. The impact of noise in the intensive care unit. **Critical and Emergency Care**, n. March, 2007.

QUINTANA, L. et al. Ingeniería de factores humanos. la inclusión de una disciplina en el desarrollo y gestión de proyectos. **World Engineering Education Forum**, 2013.

REASON, J. Human error: models and management. **The Western journal of medicine**, v. 172, n. 6, p. 393–6, jun. 2000. ISSN 0093-0415.

REIS, C. Sampaio dos. **Metodologia de análise de confiabilidade de equipamentos médico-assistenciais na fase de uso**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

SANTOS, F. D. A. S. D. **Modelo multicritério para apoio no processo de incorporação de equipamento médico-assistencial**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

SAWYER, D. **Do it by design: An introduction to human factors in medical devices**. 1996.

SCANLON, M. C. Human factors engineering and patient safety. **Pediatric Clinics of North America**, v. 53, n. 6, p. 1105 – 1119, 2006. ISSN 0031-3955. Patient Safety. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031395506001180>>.

SHNEIDERMAN, B. **Designing the user interface**. 3rd. ed. [S.l.]: Addison-Wesley, 1998.

SIGNORI, M. R.; GARCIA, R. Contribuição da engenharia clínica para programa de qualidade em laboratórios clínicos. In: **Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**. [S.l.: s.n.], 2008.

SILVA, A. et al. Human factors engineering applied to risk management in the use of medical equipment. In: **MEDICON 2010**. [S.l.]: IFMBE, 2010. v. 2, p. 987–990.

SILVA, B. D. **Avaliação de usabilidade situada para aperfeiçoamento de equipamentos médicos.** Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.

SILVEIRA, T. E. G. D. T. **Métodos de Pesquisa.** Porto Alegre, 2009. 120 p.

SMITH, A. et al. Promoting patient safety through prospective risk identification: example from peri-operative care. **Quality and Safety in Health Care**, n. 19, p. 69 – 73, 2010.

SPATH, P. L. **Error Reduction in Health Care. A System Approach to Improving Patient Safety.** Second edition. [S.l.]: Jossey-Bass, 2011. ISBN 9780470502402.

STANTON, N. et al. **Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods** Neville. [S.l.]: CRC Press LLC, 2005.

STANTON, N. A. et al. **Human Factors Methods: A Practical Guide for Engineering And Design.** Brookfield, VT, USA: Ashgate Publishing Company, 2013. ISBN 0754646602.

TEIXEIRA, E. B. A análise de dados na pesquisa científica importância e desafios em estudos organizacionais,. **Desenvolvimento em questão**, v. 1, n. 2, p. 177–201, 2003.

TEIXEIRA, T. C. A.; CASSIANI, S. H. D. B. Análise de causa raiz: Avaliação de erros de medicação em um hospital universitário. **Revista da Escola de Enfermagem**, v. 44, n. 1, p. 139–146, 2010. ISSN 00806234.

TSUKAHARA, V. et al. Manufacturer training impact in heuristic analysis: Usability evaluation applied on health devices. In: **XIII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing.** [S.l.: s.n.], 2013. v. 41, p. 1182–1185.

ULRICH, R. S. Effects of healthcare environmental design on medical outcomes. In: **In Design and Health: Proceedings of the Second International Conference on Health and Design.** [S.l.: s.n.], 2001. v. 156, p. 49–59.

ULRICH, R. S. et al. A review of the research literature on evidence-based healthcare design. **Health Environments Research & Design Journal**, v. 1, 2008.

VALENTIN, A. et al. Patient safety in intensive care: results from the multinational sentinel events evaluation (see) study. **Intensive care medicine**, v. 32, n. 10, p. 1591–8, out. 2006. ISSN 0342-4642. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16874492>>.

VINCENT, C. **Patient safety**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011.

WELTERS, I. D. et al. Major sources of critical incidents in intensive care. **Critical care (London, England)**, BioMed Central Ltd, v. 15, n. 5, p. R232, jan. 2011. ISSN 1466-609X.

ZHANG, J. et al. Using usability heuristics to evaluate patient safety of medical devices. **J. of Biomedical Informatics**, Elsevier Science, San Diego, USA, v. 36, n. 1/2, p. 23–30, fev. 2003. ISSN 1532-0464. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1532-0464\(03\)00060-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1532-0464(03)00060-1)>.

**ANEXO A – Planilha de dados resultantes da Análise
Heurística**

| Problema de usabilidade e lugar de ocorrência | Heurísticas violadas | | | | | | |
|---|----------------------|--------------|-----------------|-------------|---------|----------|------------|
| | Consistência | Visibilidade | Correspondência | Minimalismo | memória | feedback | Eficiência |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| (Continuação) | Heurísticas violadas | | | | | | |
|---------------|----------------------|------|------------|----------|-----------|----------|--------------|
| | Mensagens | Erro | Fechamento | Desfazer | Linguagem | Controle | Documentação |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

ANEXO B – Planilha *Shadowing*

| | |
|--------------------|--|
| Data da observação | |
| Duração | |
| Equipe | |
| Objetivo | |
| Ambiente | |
| Modo de observação | |
| Grupo de usuários | |
| Amostra | |

| | Leito 1 | Leito 2 | Leito 3 | Leito 4 | Leito N |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Paciente | | | | | |
| Monitor | | | | | |
| Quantidade | | | | | |
| Comentários | | | | | |
| Bomba peristáltica | | | | | |
| Quantidade | | | | | |
| Comentários | | | | | |
| Ventilador pulmonar | | | | | |
| Quantidade | | | | | |
| Comentários | | | | | |

| Tecnologia | | | |
|--------------------|------|--------------|-------------|
| Problema | Hora | Profissional | Comentários |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Comentários Outros | | | |
| | | | |
| | | | |

| Infraestrutura | | | |
|--------------------|------|--------------|-------------|
| Problema | Hora | Profissional | Comentários |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Comentários Outros | | | |
| | | | |
| | | | |

| Recursos humanos | | | |
|--------------------|------|--------------|-------------|
| Problema | Hora | Profissional | Comentários |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Comentários Outros | | | |
| | | | |
| | | | |

ANEXO C – Questionários

Questionário

Nome:

Idade:

Data:

Profissão:

☐ Enfermeiro ☐ Técnico de Enfermagem ☐ Médico ☐ Fisioterapeuta

1. Há quanto tempo atua na UTI?

☐ Menos de 2 anos ☐ Entre 2 e 10 anos ☐ Mais de 10 anos

2. Em seu dia a dia, com que frequência usa

2.1 Bomba de infusão

☐ 1 a 2 vezes por dia ☐ 3 a 5 vezes por dia ☐ Mais de 5 vezes por dia

2.2 Ventilador pulmonar

☐ 1 a 2 vezes por dia ☐ 3 a 5 vezes por dia ☐ Mais de 5 vezes por dia

3. Você tem recebido treinamento para:

3.1 Bomba de infusão

☐ Sim ☐ Não

3.2 Ventilador pulmonar

☐ Sim ☐ Não

4. Quando ingressam novos equipamentos como é treinado

☐ Participando de palestras em sala de aula

☐ Assistindo demonstrações práticas

☐ Praticando com supervisão do treinador

☐ Não recebo treinamento

☐ Outro método. Qual? _____

5. Assinale UMA alternativa que melhor descreve seu comportamento diante de uma nova tecnologia:

☐ Gosto de novas tecnologias e me sinto motivado(a) para aprender sobre elas

☐ Não gosto de novas tecnologias; prefiro utilizar as que já conheço.

☐ Busco aprender sobre novas tecnologias se forem trazer melhoria ao meu dia-a-dia.

☐ Empenho-me para aprender sobre novas tecnologias somente se for necessário.

Questionário (Continuação)

6. No seu ambiente de trabalho, como se sente ao utilizar?

| | Tranquilo | Confuso | Irritado | Desconfortável |
|---------------------|-----------|---------|----------|----------------|
| Bomba de infusão | | | | |
| Ventilador pulmonar | | | | |

7. Como percebe a presença das seguintes grandezas físicas no seu serviço?

| | Muito alto | Alto | Aceitável | Baixo | Muito baixo |
|-------------|------------|------|-----------|-------|-------------|
| Temperatura | | | | | |
| Umidade | | | | | |
| Ruído | | | | | |
| Iluminação | | | | | |

8. Assinale a resposta que melhor representa sua opinião.

| | Nunca | Raramente | Algumas vezes | Frequentemente | Sempre |
|---|-------|-----------|---------------|----------------|--------|
| O ruído do ambiente o incomoda. | | | | | |
| O ruído tem um impacto negativo no seu trabalho. | | | | | |
| A iluminação do ambiente o incomoda. | | | | | |
| A iluminação garante condições satisfatórias para a execução de tarefas | | | | | |
| A sensação térmica o incomoda. | | | | | |
| A umidade do ambiente o incomoda. | | | | | |

**ANEXO D – Figuras resultantes da monitoração de
parâmetros ambientais nos três hospitais avaliados**

D.1 TEMPERATURA

D.1.1 Resultados do Hospital 1

Figura 33: Temperatura Sala 1-H1

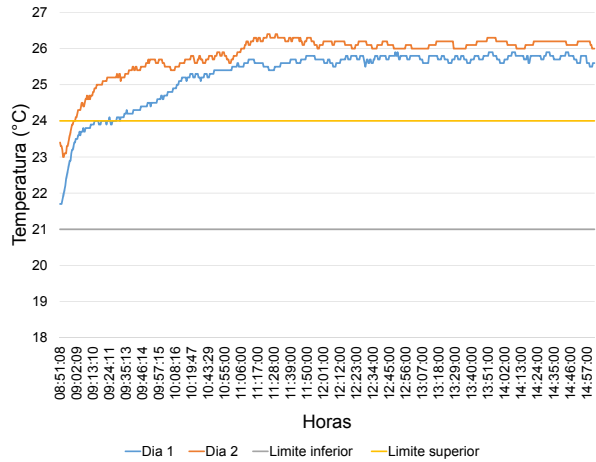


Figura 34: Temperatura Sala 2-H1

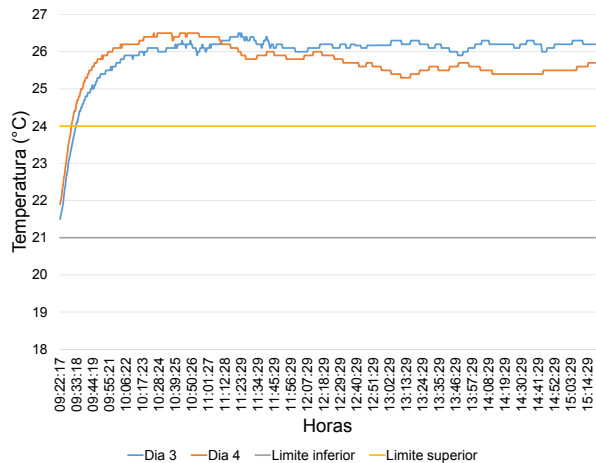


Figura 35: Temperatura Leito 7 - UTIN - H1

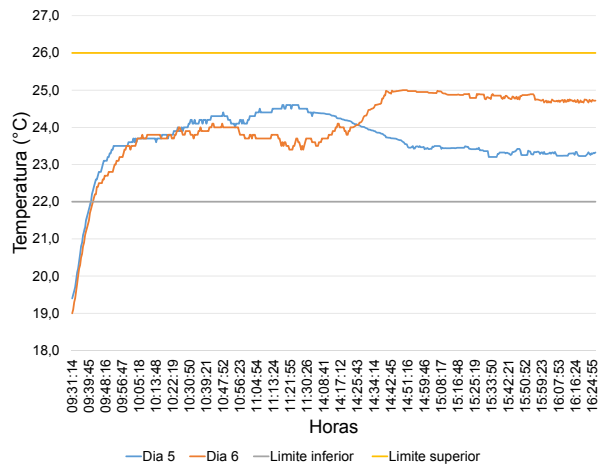
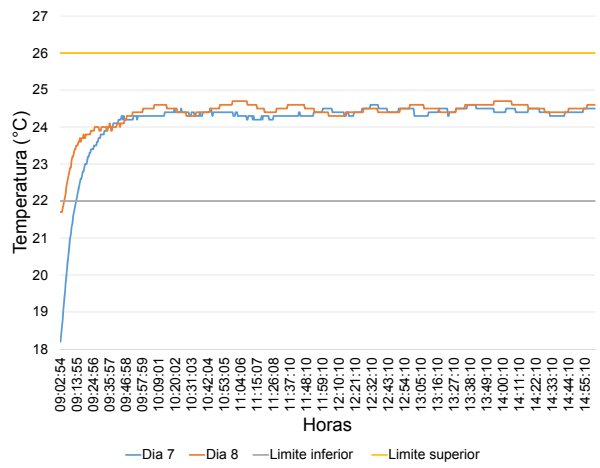


Figura 36: Temperatura Leito 6 - UTIN - H1



D.1.2 Resultados do Hospital 2

Figura 37: Temperatura Leito 1 - H2

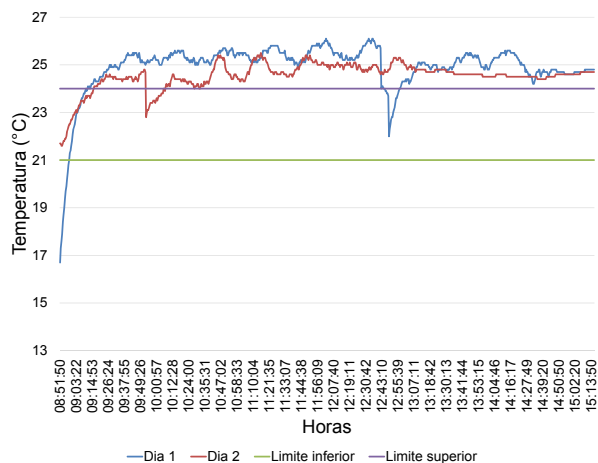


Figura 38: Temperatura Leito 6 - H2

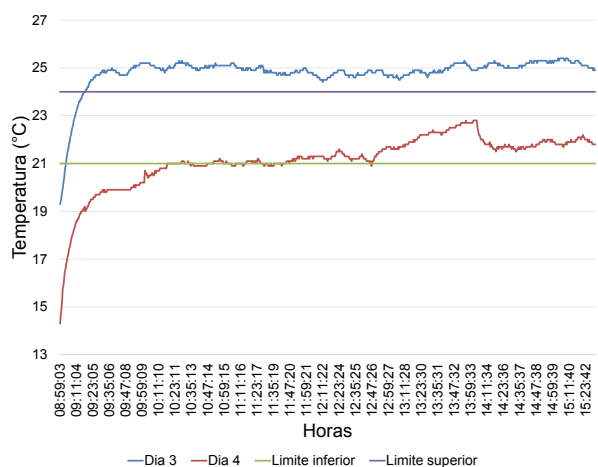
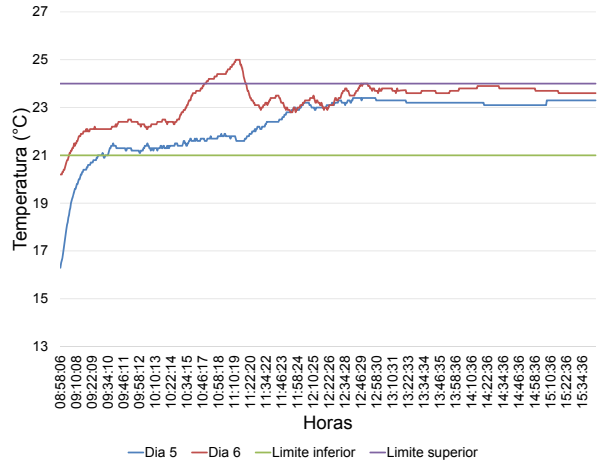


Figura 39: Temperatura Leito 7 - H2



D.1.3 Resultados do Hospital 3

Figura 40: Temperatura Sala1 - H3

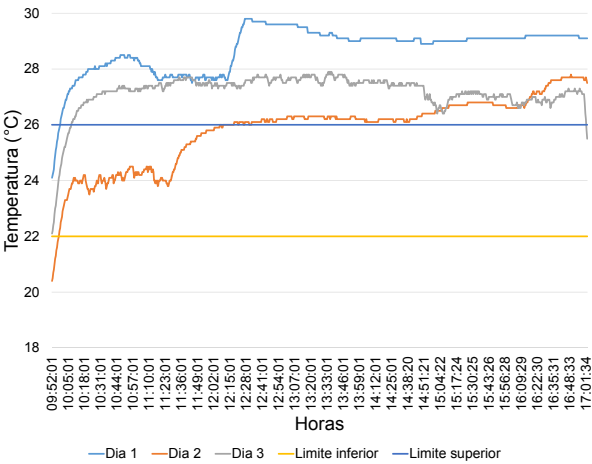
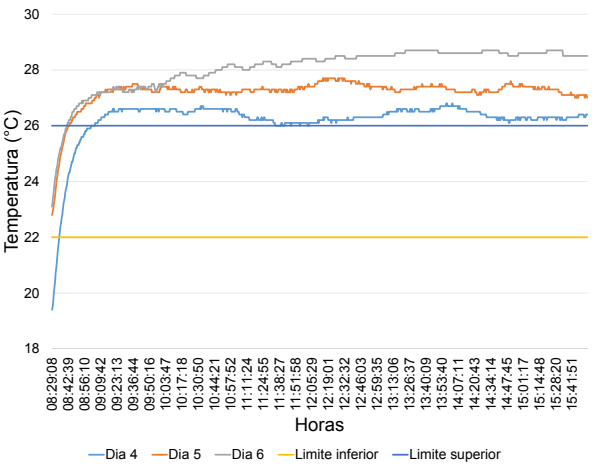


Figura 41: Temperatura Sala2 - H3



D.2 UMIDADE

D.2.1 Resultados do Hospital 1

Figura 42: Umidade Sala1 - H1

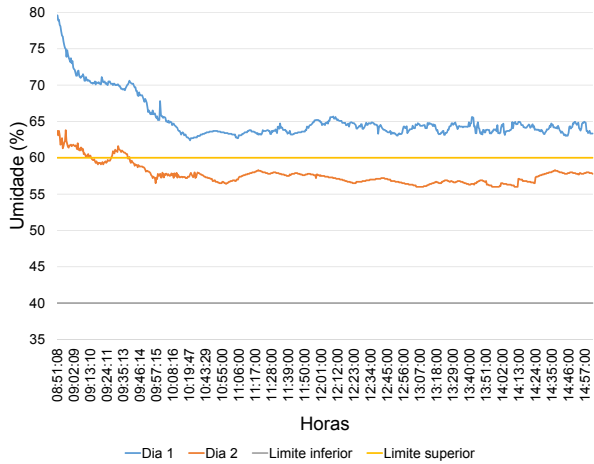


Figura 43: Umidade Sala2 - H1

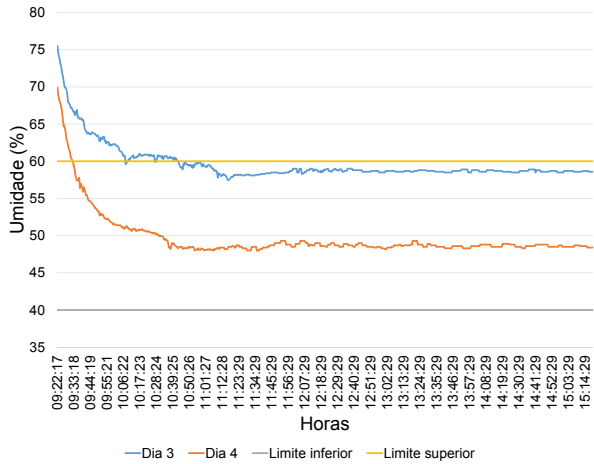
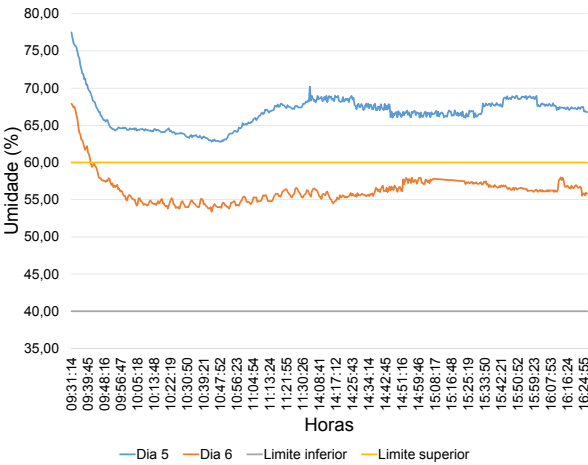


Figura 44: Umidade UTIN Leito 7 - H1



D.2.2 Resultados do Hospital 2

Figura 46: Umidade Leito 1 - H2

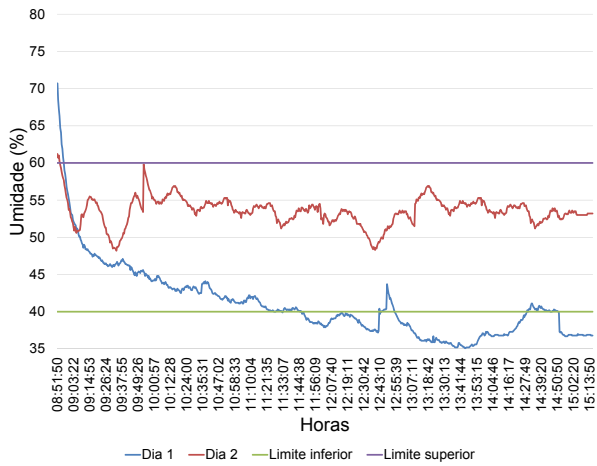


Figura 47: Umidade Leito 6 - H2

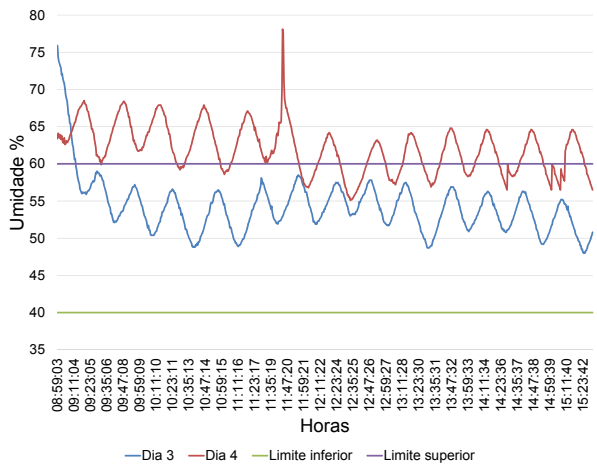
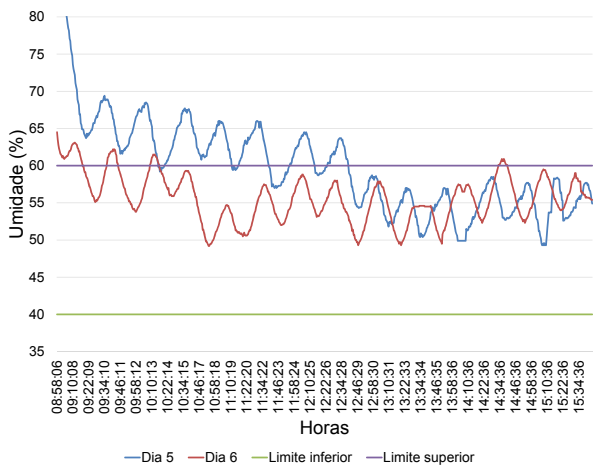


Figura 48: Umidade Leito 7 - H2



D.2.3 Resultados do Hospital 3

Figura 49: Umidade Sala 1 - H3

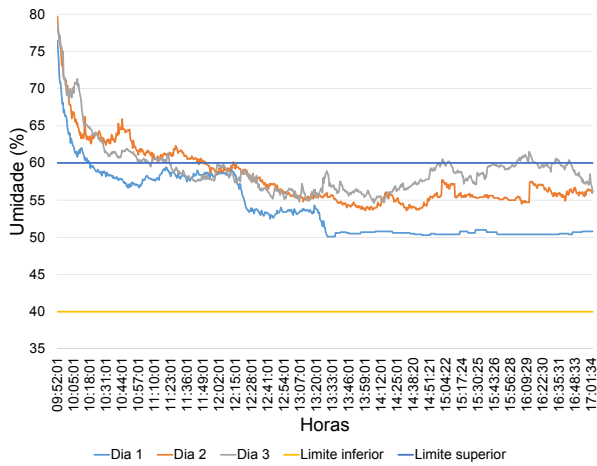
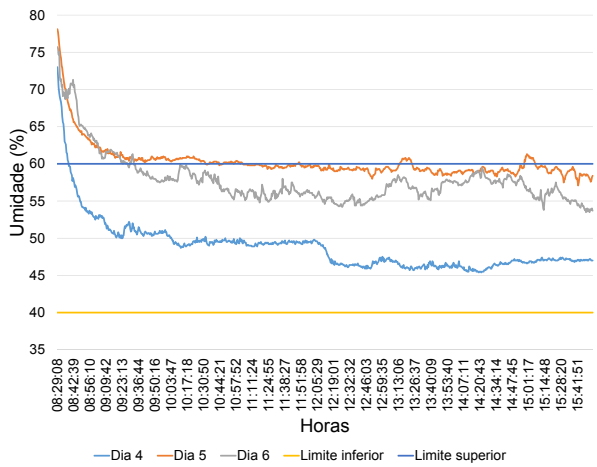


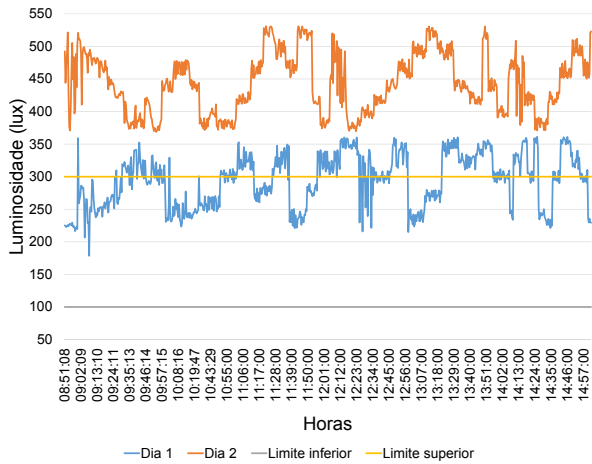
Figura 50: Umidade Sala 1 - H3



D.3 LUMINOSIDADE

D.3.1 Resultados do Hospital 1

Figura 51: Luminosidade Sala 1 - H1



captionLuminosidade Sala 2 - H1

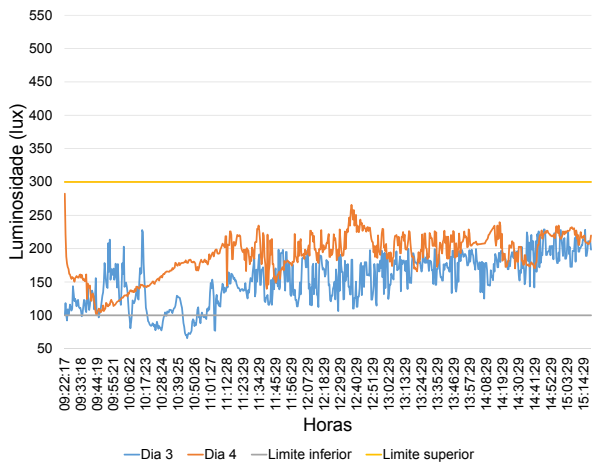


Figura 52: Luminosidade UTIN Leito 7 - H1

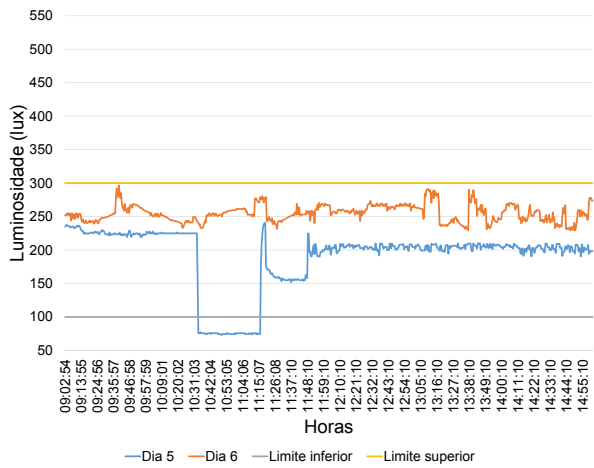
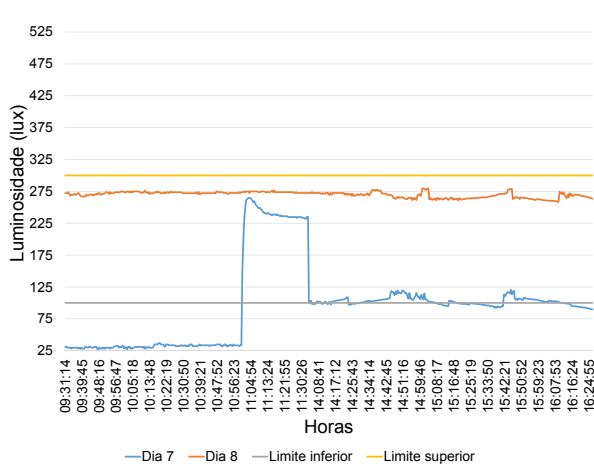


Figura 53: Luminosidade UTIN Leito 6 - H1



D.3.2 Resultados do Hospital 2

Figura 54: Luminosidade Leito 1 - H2

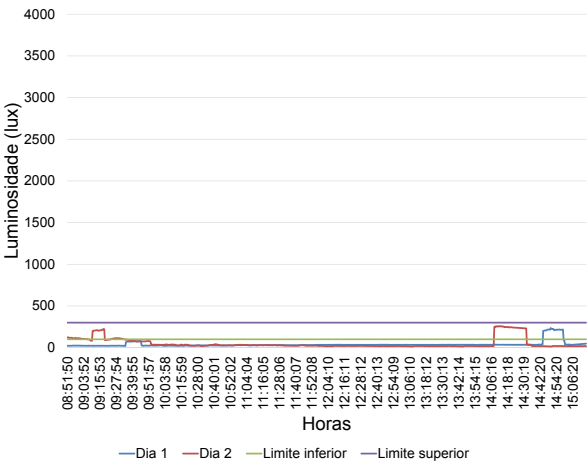


Figura 55: Luminosidade Leito 6 - H2

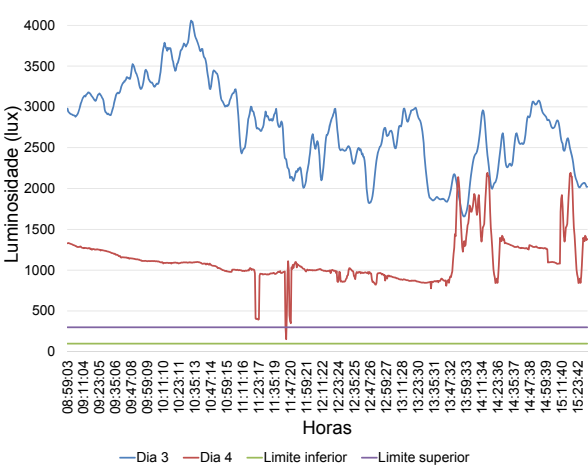
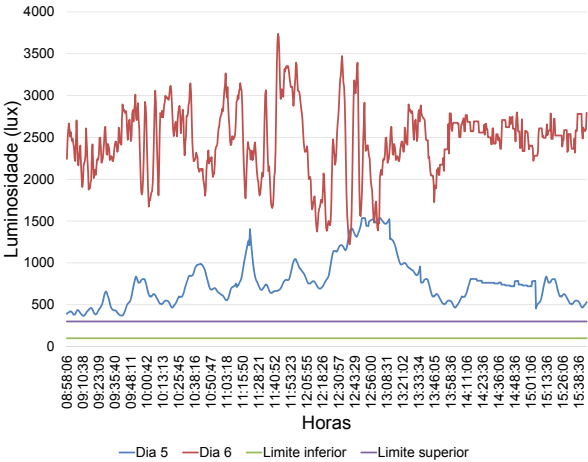


Figura 56: Luminosidade Leito 7 - H2



D.3.3 Resultados do Hospital 3

Figura 57: Luminosidade Sala 1 - H3

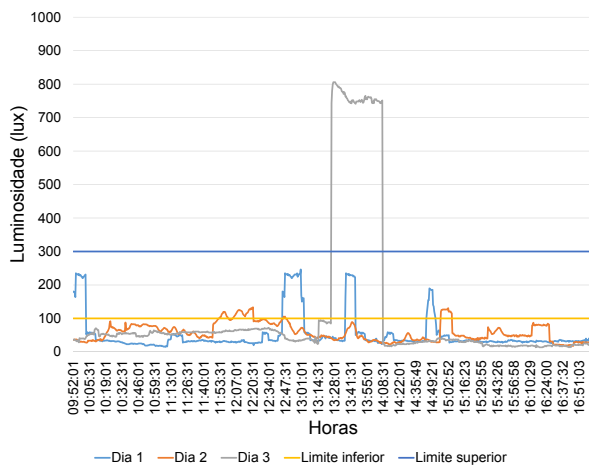
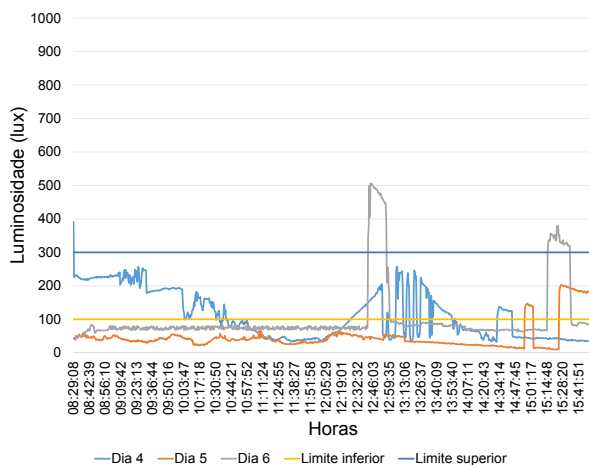


Figura 58: Luminosidade Sala 2 - H3



D.4 RUÍDO

D.4.1 Resultados do Hospital 1

Figura 59: Ruído Sala 1 - H1

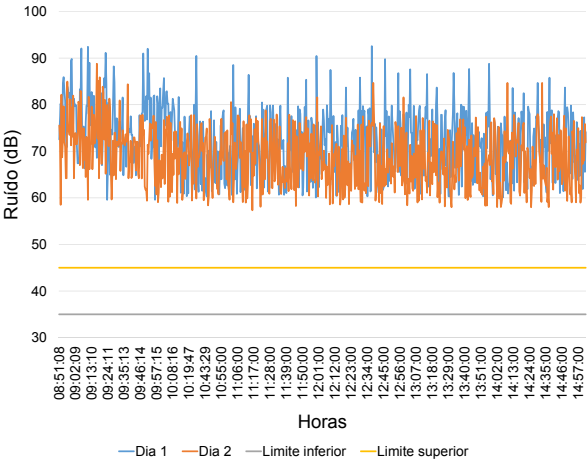


Figura 60: Ruído Sala 2 - H1

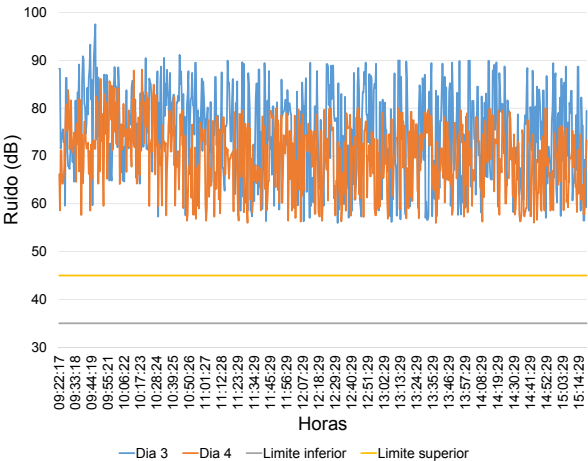


Figura 61: Ruído UTIN Leito 7 - H1

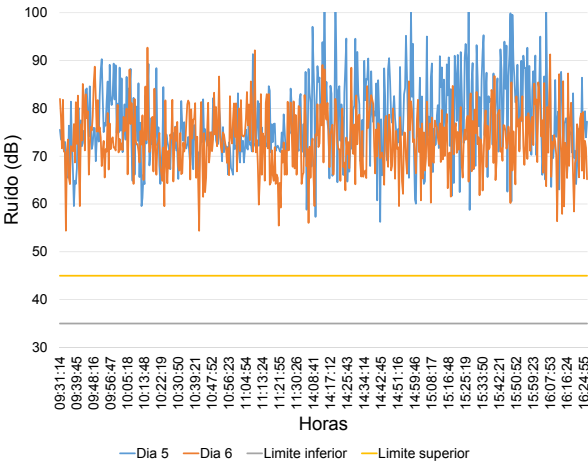
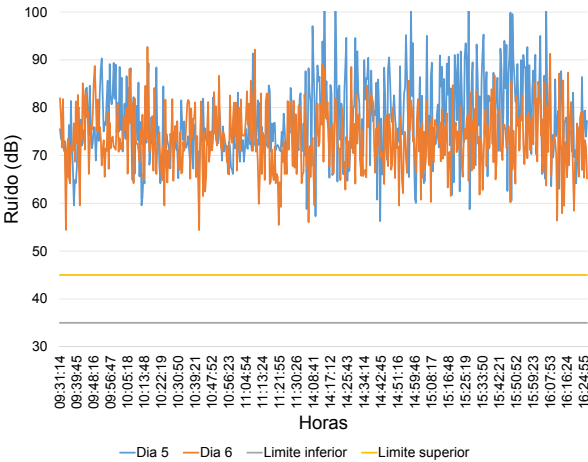


Figura 62: Ruído UTIN Leito 6 - H1



D.4.2 Resultados do Hospital 2

Figura 63: Ruído Leito 1 - H2

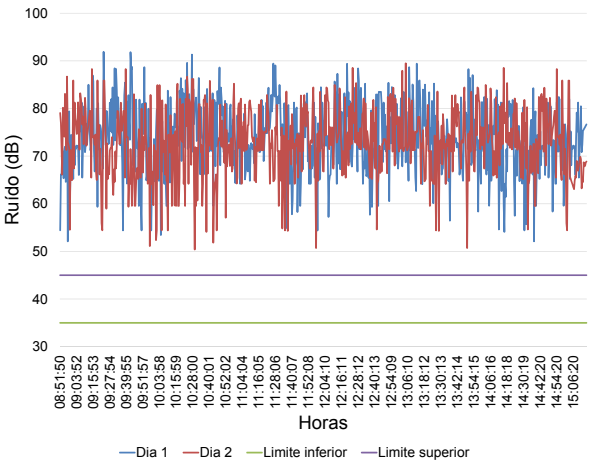


Figura 64: Ruído Leito 6 - H2

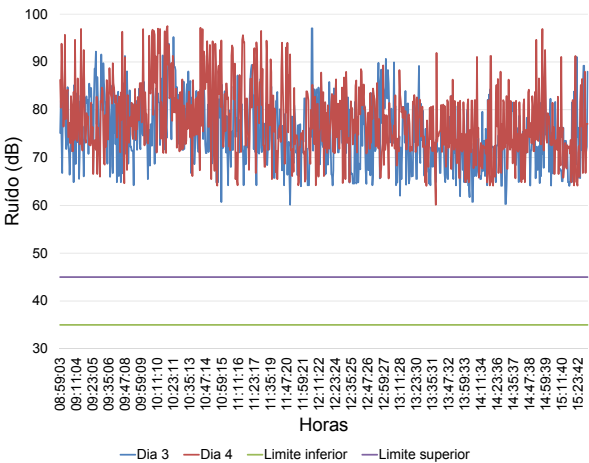
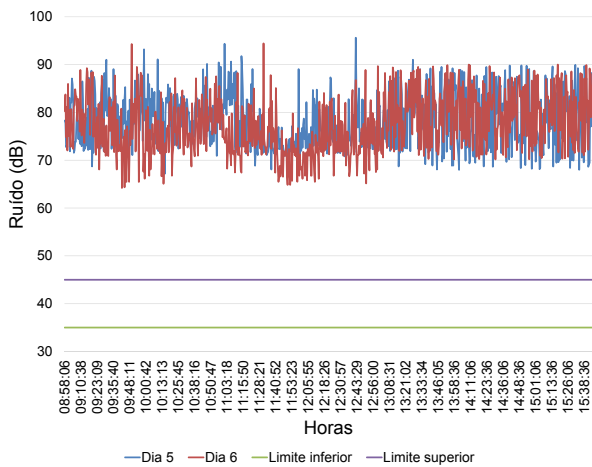


Figura 65: Ruído Leito 7 - H2



D.4.3 Resultados do Hospital 3

Figura 66: Ruído Sala 1 - H3

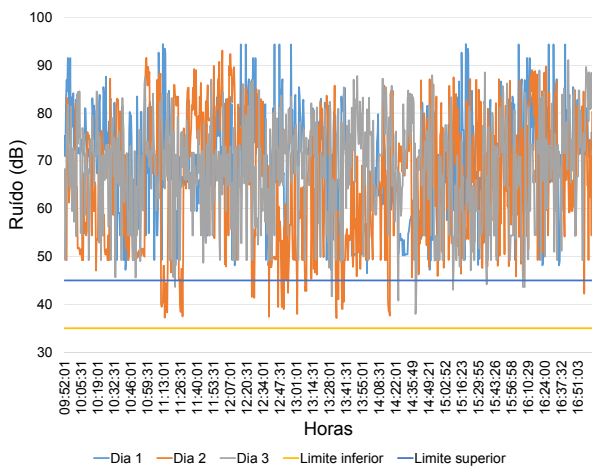
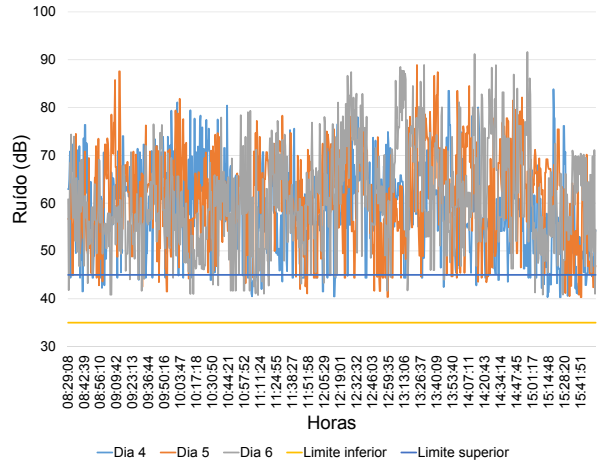
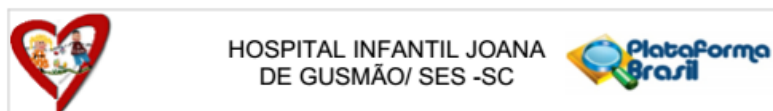


Figura 67: Ruído Sala 1 - H3



ANEXO E – Parecer de aprovação dos comitês de ética

Figura 69: Parecer do comitê de ética do H1



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A ENGENHARIA DE FATOR HUMANO COMO FERRAMENTA DA GESTÃO DE TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR PARA A MELHORIA DA SEGURANÇA DO PROCESSO TECNOLÓGICO NOS ESTABELECIMENTOS MÉDICOS

Pesquisador: Renato Garcia Ojeda

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 46009515.6.3004.5361

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Patrocinador Principal: MINISTERIO DA EDUCACAO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.186.404

Data da Relatoria: 13/08/2015

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo é relevante do ponto de vista social pelo conhecimento a ser gerado. O pesquisador apresentou informações que o credencia tecnicamente a executar o protocolo de pesquisa.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os documentos solicitados foram adequadamente entregues.

Recomendações:

Nada a recomendar.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências ou inadequações.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Conforme preconizado na Resolução 466/2012, XI.2, item d, cabe ao pesquisador elaborar e apresentar os relatórios parciais e final.

Assim sendo, o(a) pesquisador(a) deve enviar relatórios parciais semestrais da pesquisa ao CEP (a partir de janeiro/2016) e relatório final quando do seu encerramento.

Um modelo deste relatório está disponibilizado no site <http://www.saude.sc.gov.br/hijg/cep/deveresdopesquisador.htm>

FLORIANOPOLIS, 14 de Agosto de 2015

Assinado por:
Jucélia Maria Guedert
 (Coordenador)

Figura 70: Parecer do comitê de ética do H2



| | | |
|---|--|---|
|  | HOSPITAL REGIONAL DE SÃO JOSÉ/ DR. HOMERO DE MIRANDA GOMES - HRSJ |  |
| PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP | | |
| Elaborado pela Instituição Coparticipante | | |
| DADOS DO PROJETO DE PESQUISA | | |
| Título da Pesquisa: A ENGENHARIA DE FATOR HUMANO COMO FERRAMENTA DA GESTÃO DE TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR PARA A MELHORIA DA SEGURANÇA DO PROCESSO TECNOLÓGICO NOS ESTABELECIMENTOS MÉDICOS | | |
| Pesquisador: Renato Garcia Ojeda | | |
| Área Temática: | | |
| Versão: 1 | | |
| CAAE: 46009515.6.3003.0112 | | |
| Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA | | |
| Patrocinador Principal: MINISTERIO DA EDUCACAO | | |
| DADOS DO PARECER | | |
| Número do Parecer: 1.201.462 | | |
| Situação do Parecer: | | |
| Aprovado | | |
| Necessita Apreciação da CONEP: | | |
| Não | | |
| SAO JOSE, 26 de Agosto de 2015 | | |
| <hr/> Assinado por: Renata Helena Ribeiro Fernandes (Coordenador) | | |

Figura 71: Parecer do comitê de ética do H3

| |
|---|
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"><div>MATERNIDADE CARMELA DUTRA/SC</div><div></div></div> |
| PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP |
| Elaborado pela Instituição Coparticipante |
| DADOS DO PROJETO DE PESQUISA |
| Título da Pesquisa: A ENGENHARIA DE FATOR HUMANO COMO FERRAMENTA DA GESTÃO DE TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR PARA A MELHORIA DA SEGURANÇA DO PROCESSO TECNOLÓGICO NOS ESTABELECIMENTOS MÉDICOS |
| Pesquisador: Renato Garcia Ojeda |
| Área Temática: |
| Versão: 1 |
| CAAE: 46009515.6.3001.0114 |
| Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA |
| Patrocinador Principal: MINISTERIO DA EDUCACAO |
| DADOS DO PARECER |
| Número do Parecer: 1.223.665 |
| Situação do Parecer: Aprovado |
| Necessita Apreciação da CONEP: Não |
| FLORIANOPOLIS, 11 de Setembro de 2015 |
| <hr style="width: 30%; margin: auto;"/> <div>Assinado por: Adriana Heberle (Coordenador)</div> |

GLOSSÁRIO

Bomba de infusão: A bomba de infusão é um equipamento eletromecânico, destinado a regular fluxo de líquidos a pressões superiores à pressão do sangue no local da infusão: cerca de 10 mmHg para pressão venosa e aproximadamente 80 mmHg e 120 mmHg para pressão arterial diastólica e sistólica, respectivamente. Possui alarmes e controles possibilitando a infusão precisa e segura mesmo em baixas velocidades e longos períodos de tempo (ECRI, 2013, 2012a).

Bomba de infusão peristáltica: Nesta bomba a vazão é selecionada pelo operador e indicada pelo equipamento em volume por unidade de tempo. Este equipamento calcula o volume infundido por meio da medida do volume acondicionado em um reservatório que é parte do equipo. A bomba de infusão calcula cada ciclo de preenchimento e esvaziamento do reservatório, que é manipulado internamente por uma ação específica da bomba de infusão. Esta bomba é usada para administrar fluidos intravenosos e têm se mostrado eficaz em unidades neonatais, pediátricas e em unidades de cuidado intensivo de adultos, onde infusões críticas de pequenos volumes de fluidos ou altas doses de drogas potentes são indicadas. Um exemplo é mostrado na Figura 72 (ALVES, 2002).

Figura 72: Bomba peristáltica



Bomba de infusão de seringa: Equipamento destinado para infusão controlada de líquidos administrados ao paciente por meio de ação de uma ou mais seringas. A vazão é selecionada pelo operador e indicada pelo equipamento em volume por unidade de tempo. Este equipamento é acionado por um pistão que fornece uma infusão precisa por meio do controle do fluxo, pela programação da velocidade e pelo tamanho da seringa, eliminando, portanto, as variáveis relacionadas ao gotejamento. Este modelo de bomba é usada para administrar fluidos intravenosos. É especialmente indicada para aplicações em neonatos, pediatria e casos críticos pelo fato de poderem fornecer soluções intravenosas com vazões muito baixas e com alta precisão. Um exemplo é mostrado na Figura 73 (ALVES, 2002).

Figura 73: Bomba de seringa



Gestão de Tecnologia Médico-Hospitalar: Denomina-se à abordagem sistêmica dos conhecimentos de engenharia e administração aplicados ao processo tecnológico da assistência à saúde. Esta gestão tem como objetivo buscar a adequação ao uso e a melhoria contínua da tecnologia médico-hospitalar durante todo o seu ciclo de vida. A GTMH aplica ações estratégicas em uma abordagem mais geral (SANTOS, 2014; MORAES; GARCIA, 2004)

Processo tecnológico em saúde: Define-se processo tecnológico em saúde à interação entre os recursos humanos, infraestrutura e a tecnologia médico-hospitalar para a transformação da saúde do paciente. Toda atuação da engenharia clínica atinge este processo (MORAES; ENSLIN; GARCIA, 2007).

Segurança do paciente: A segurança do paciente como uma disciplina ou campo de investigação não foi totalmente definida pelas organizações que têm impulsionado sua existência e parte disto deve-se a dificuldade de diferencia segurança de qualidade. Porém, Emanuel et al. (2008) definem a segurança do paciente como uma disciplina na indústria de cuidados de saúde que aplica métodos científicos de segu-

rança, com o objetivo de conseguir um sistema confiável. A segurança do paciente é também um atributo dos sistemas de cuidados de saúde; minimiza a incidência e o impacto de eventos adversos assim como maximiza a uma recuperação ante um evento adversos (VINCENT, 2011).

Usabilidade: A usabilidade é um atributo de qualidade, avalia que tão fácil de usar são as interfaces de usuário. A palavra "usabilidade" também refere-se a métodos para melhorar a facilidade de uso durante um processo. É definida por cinco componentes de qualidade: Facilidade de aprendizagem, eficiência, facilidade de memória, prevenção de erros e satisfação (NIELSEN, 2012).

Ventilador pulmonar: Dispositivo automatizado que permite a troca de gases para dentro e fora dos pulmões de pacientes que não conseguem respirar por conta própria ou necessitam de assistência para manter a ventilação ou oxigenação suficiente. Os ventiladores consistem de: um de circuito flexível para respirar, um sistema de controle, monitores e alarmes. A maioria dos ventiladores são controlados por microprocessadores e regulam a pressão, o volume e o FiO₂. Pode ser configurado em diferentes modos de controle: mandatório, assistido ou uma combinação de ambos. Un ejemplo deste equipamento é mostrado na Figura 74 (ECRI, 2011; CALIL, 2002).

Figura 74: Ventilador pulmonar

